中華農業研究

第二十七卷　　第三期

目　次

高蛋白水稻之育種研究2.稉稻早晚熟品系間雜交後代之米粒蛋白質含量
、抽穗期及其他性狀之遺傳 ……郭益全、謝順景… 199
臺灣二期稻作增產研究—品種與一、二期作產量之關係 ……鄧耀宗… 213
綠豆芽施用植物荷爾蒙生產之研究 ……林瑞松… 223
水稻褐飛蝨的經濟為害水平之研究 ……鄭清煥… 229
稻熱病流行學研究—民國 66 年年之觀察記錄 ……蔡武雄等… 237
亞麻立枯病抑病土壤駐在細菌對萎凋病菌之拮抗效能及田間防治效果
……杜金池、程永雄、張義璋… 245
稻屬種間雜交後幼胚及胚乳發育過程之研究 ……張德梅… 259
水稻細胞質雄不稔性之一些性質 ……成游貴、黃真生… 267

中華民國六十七年九月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究 27(3):199～212 (1978).

高蛋白水稻之育種研究

2. 粳稻早晚熟品系間雜交後代之米粒蛋白質含量、抽穗期及其他性狀之遺傳[1]

郭益全　　謝順景[2]

摘要：為探討早熟 E 基因與米粒蛋白質含量之關係，乃利用攜有不同來源之早熟基因的 isogenic 系統為材料，進行早晚熟稻間之雜交，以究明各雜交後代集團之米粒蛋白質含量等性狀之遺傳與變異及各性狀彼此間之相關關係等。茲將主要試驗結果摘要如下：早熟親本 (BB-11-5-8-6, BI-1-4-11 及 BI-14-4-2-6) 之米粒蛋白質含量為 9.6%，較晚熟親本 (40-20-5-6) 之 7.8% 約高 1.8%。F_2 集團蛋白質之平均含量或與低蛋白親本相近或低於兩親之中間值，表示蛋白質含量低者對高者似為顯性或部份顯性。早晚熟稻間雜交組合之 F_2 世代分離成 3 早熟性：1 晚熟性之比例，表示抽穗期受 1 對主效基因所控制。而由超越分離現象知抽穗期可能尚受微效基因之修飾。F_2 世代早熟性與蛋白質含量呈負相關，表示早熟植株之米粒蛋白質含量較晚熟者為高。一般而言，各性狀之遺傳相關值遠較環境相關值為大；而表現型相關值則介於兩者之間。米粒蛋白質含量與各性狀間之相關值均為負值，與穗重之負相關則達極顯著之水準，餘者之顯著性概因組合之不同而異。估得米粒蛋白質含量之遺傳率介於 0.31～0.56 之間，控制米粒蛋白質含量之有效基因對數為 1～2 對。綜合本試驗結果，推論控制米粒蛋白質含量之因子與早熟 E 基因之間有連鎖關係，故認為由早晚熟稻間之雜交集團應可選獲高蛋白質含量之早熟豐產的理想因子型。

水稻是世界上最主要的穀類作物之一，而為亞洲及其他米食地區人民之重要植物蛋白質來源[7,18,20]。稻米之蛋白質含量概介於 5～17%之間，一般則為 7%左右[16,18,20,26,35]。經學者之研究知：與其他較重要之禾穀作物小麥、玉米、高粱及大麥等相比較，則，水稻雖有較高的離胺酸 (lysine) 含量，但米粒蛋白質之百分比却比較低[2,11,18,19,20,21,30,31,38]。基於米粒有較優品質的蛋白質[1,10,19]及稻米蛋白質含量雖深受環境之影響[9,15,16]，但可經雜交育種[7]及誘變育種[23,34,35]而改良之事實，高蛋白水稻品種之育成遂引起當前水稻育種家廣泛之注意。

臺灣近年來由於決策領導單位之大力推動暨水稻育種學者之奮力不懈，臺灣稻米每年均卜豐收。尤有進者，主管當局為提高本省土地之利用率，以增加複種指數，政府更極力提倡裡作栽培，而配合此種裡作栽培之須要，則豐產之早熟稻亟待育成。鑒此，國立中興大學蔡國海博士即曾以回交法育成各種以臺中 65 號為遺傳背景之早熟 isogenic 系統。惟現階段之努力方向概偏重於量之增加，而未兼顧及營養價值，即米粒蛋白質含量之提高。

而學者們之研究雖顯示，早熟水稻品種之蛋白質含量一般有較高之傾向[12,14,24,35,36,40]，但進一步的遺傳行為則鮮有研究報告。為探討此等問題，乃利用早晚熟稻 isogenic 系統間之雜交 F_2 集團

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告　第 840 號。本研究為國科會輔助計畫「臺灣主要糧食作物蛋白質改良之研究」(NSC-64B-0409-04-06) 之一部分。
2. 本所農藝系技佐、技正兼系主任。

爲材料，進行各組合之米粒蛋白質含量，抽穗期及其他與產量有關諸性狀之遺傳研究，藉供良質豐產早熟稻品種育種工作進行之參考。

材 料 與 方 法

本研究之供試水稻材料，係國立中興大學農藝學系蔡國海博士以臺中 65 號爲輪廻親本，藉連續回交法以引入各種不同來源之早熟因子所育成的各種早晚熟水稻品系，其特性暨來源如表 1。

表 1. 參試之水稻

Table 1. Experimental materials used

品系 Strains	雜交親本 Cross parents	來源 Source	生育期間 (天) Growth duration (days)	基因 Genes for heading date	備註 Note
4-58-3	T65×$A4_7$	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	117	m^a	A36-10 : T65×Ttg • $A4_1$: T65×T36-10
40-20-5-6	T65×A24	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	118	m^b	$A3_7$: T65× (T65×Ttg) BC_7 • $A4_7$: $A3_7$× ($A3_7$× $A4_1$) BC_6
BB-11-5-8-6	$B96_{71}$×$B96_{151}$	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	107	$E^{b(1)}$-$E^{b(2)}$	$B96_{71}$: T65× (T65×Bozu) BC_7 $B96_{151}$: T65× (T65× Bozu) BC_{15}
BI-1-4-11	$B96_{71}$×$I190_{51}$ (F_4)	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	109	$E^{b(1)}$-$E^{ix(1)}$	I190 : X-ray induced early line of T65 $I190_{51}$: T65× (T65×190) BC_5
BI-14-4-2-6	$B96_{71}$×$I190_{51}$ (F_5)	Dr. K. H. Tsai (Chung-Hsing University)	107	$E^{b(1)}$-$E^{ix(1)}$	

本試驗在臺中市國立中興大學農藝學系試驗農場進行。親本暨 F_2 之種子於 1975 年2月7日播種， 3 月 10 日插秧。單本植。於稻株生育期中，僅進行每一單株抽穗期之調查，其他調查工作則均俟成熟收獲時行之。收獲調查時注意去邊行及分株收獲調查。調查項目計有抽穗期、株高、穗數、穗長、穗重、結實率及 1,000 粒重等性狀、蛋白質含量之分析定量則應用 Udy 氏之 DBC (Dye-Binding-Capacity) 法，並依反應時溶液之溫度作適當的讀數矯正，而米粒蛋白質含量之百分比則以樣品含水量爲零時來表示。

試 驗 結 果

一、早晚熟稻雜交組合抽穗期之遺傳

今將諸親本及各組合 F_2 之抽穗期變異列於表 2。由表 2 可知 F_2 抽穗期之變異非常大，所有雜交組合均有多數較早熟親本更早的個體出現。如在 4-58-3×BI-1-4-11 組合中，有較早熟親本更早 20 天的植株出現；在 4-58-3×BI-14-4-2-6 組合，則出現比早熟親本更早 16 天的植株；又在 40-20-5-6×BI-1-4-11 之組合中，出現較早熟親本早 19 天抽穗之個體；而 4-58-3×BB-11-5-8-6 組合則除向負方向變異外，尙有向正方向超越晚熟親本之植株分離，此種超越分離 (transgressive segregation) 表示稻之抽穗期除受主效基因 (major gene) 之支配外，可能尙受其他具修飾作用之微效基因 (minor gene) 所影響。

又由表 2 可知，各 F_2 集團均明顯地分離成早熟與晚熟等兩羣，且各集團早晚熟兩羣之個體數恰成 3 早熟性：1 晚熟性之單性雜種分離，此即早熟性各受一對顯性基因所支配。

二、早晚熟稻雜交組合米粒蛋白質含量之變異

由表 3 知，三早熟親本 BB-11-5-8-6、BI-1-4-11 及 BI-14-4-2-6 之蛋白質含量較高，均爲

表 2. F_2 暨親本抽穗期之分佈及分離情形

Table 2. Distribution and segregation of heading date in F_2s and their parents

抽穗期 Heading date

組合 Crosses	April 13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	May 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	總數 Total	分離比 Segr. rate	X^2
4-58-3 (P_1)																												1	2	8	9	18	9	5							52		
F_2 ($P_1 \times P_2$)															1	1	2	3	3	11	15	5	18	20	9	7	6	9	4	2	3	8	3	7	4	6	4	0	3	6	160	3 : 1	0.408 ns
																							116												44								
BB-11-5-8-6 (P_2)																					29	13	7	7	1	2															59		
4-58-3 (P_1)																												1	2	8	9	18	9	5							52	3 : 1	
F_2 ($P_1 \times P_2$)	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	3	4	2	4	4	10	3	13	16	21	26	20	6	1	0	0	1	1	12	14	10	3	2							181		0.090 ns
												138																			43												
BI-1-4-11 (P_2)																					11	19	11	8	6	1	0	2													52		
4-58-3 (P_1)																												1	2	8	9	18	9	5							52		
F_2 ($P_1 \times P_2$)				1	0	0	0	0	1	0	3	2	2	3	17	9	7	6	19	23	17	21	8	1	2	0	4	3	8	18	5	5									185	3 : 1	0.218 ns
															142															43													
BI-14-4-2-6 (P2)																				7	24	16	3	3	1	1															55		
40-20-56(P_1)																														5	12	15	7	6	3						48	3 : 1	
F_2 ($P_1 \times P_2$)		1	0	0	0	0	0	2	1	2	1	4	6	3	6	5	13	10	18	26	16	15	14	2	3	0	0	2	4	13	14	4									185		2.207 ns
												148																		37													
BI-1-4-11 (P_2)																					11	19	11	8	6	1	0	2													58		
40-20-5-6 (P_1)																														5	12	12	7	6	3						48		
F_2 ($P_1 \times P_2$)								1	0	0	1	1	3	0	7	2	7	15	12	25	20	21	15	7	1	0	0	1	1	13	7	21	1	2	1						185	3 : 1	0.002 ns
															138																47												
BI-14-4-2-6 (P_2)																				7	24	16	3	3	1	1															55		

X_1^2 $_{0.05}$ = 3.841 X_1^2 $_{0.01}$ = 6.635

表 3. 親本暨雜交組合之蛋白質及其他農藝性狀平均值及變域之比較

Table 3. A comparison of means and ranges of percent protein and other agronomic characters among parental varieties and their F_2s of early×late crosses

親本暨組合 Parents and crosses	蛋白質含量 protein content (%)		株高 Plant height (cm)		穗數 Panicle number		穗長 Panicle length (cm)		穗重 Panicle weight (g)		結實率 seed setting (%)		千粒重 1,000 kernel weight (g)	
	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range	平均 mean	變域 range
4-68-3	a 8.4±0.1	7.4- 9.1	a 116.3±0.8	108-124	a 14.3±0.5	8-20	a 21.8±0.2	20.4-24.2	a 3.1±0.1	2.2-3.6	a 77.3±0.7	63-85	a 28.1±0.2	25.5-29.5
F_2	a 8.5±0.1	7.1-10.1	b 108.0±0.9	83-127	b 17.4±0.5	4-31	b 19.7±0.2	15.8-26 3	b 2.1±0.1	1.1-4.4	b 87.4±0.6	65-96	a 27.9±0.1	22.5-31.6
BB-11-5-8-6	b 9.6±0.1	8.7-10.4	b 110.8±0.7	102-118	b 17.5±0.7	12-23	b 19.8±0.2	18.0-21.3	b 2.0±0.1	1.2-3.0	b 83.9±1.3	61-96	a 28.0±0.2	24.5-29.6
4-58-3	a 8.4±0.1	7.4- 9.1	a 116.3±0.8	108-124	a 14.3±0.5	8-20	a 21.8±0.2	20.4-24.2	a 3.1±0.1	2.2-3.6	a 77.3±0.7	63-85	a 28.1±0.2	25.5-29.5
F_2	a 8.6±0.1	7.4-10.3	b 105.0±0.8	85-118	b 16 7±0.4	3-23	b 19.6±0.2	15.5-23.4	b 1.9±0.1	1.1-3.7	a 73.8±1.4	30-95	b 27.4±0.2	24.7-30.7
BI-1-4-11	b 9.6±0.1	8.8-10.9	b 106.5±0.8	98-117	ab15.6±0.6	9-23	b 19.5±0.2	7.5-21.71	b 2.2±0.1	1.2-2.7	b 89.6±0.7	82-97	a 28.1±0.2	23.0-30.1
4-58-3	a 8.4±0.1	7.4- 9.1	a 116.3±0.8	108-124	a 14.3±0.5	8-20	a 21.8±0.2	20.4-24.2	a 3.1±0.1	2.2-3.6	a 77.3±0.7	63-85	a 28.1±0.2	25.5-29.5
F_2	b 8.7±0.1	7.4-10.7	b 103.7±1.0	82-121	b 16.0±0.3	10-21	b 20.4±0.3	15.8-24.7	b 2.2±0.1	1.1-3.3	b 74.1±0.9	45-95	b 27.3±0.1	23.1-29.1
BI-14-4-2-6	c 9.6±0.1	8.6-10.7	b 105.7±0.6	97-116	b 16.2±0.4	12-21	c 19.1±0.2	17.1-21.1	c 1.9±0.1	1.1-3.0	c 84.3±1.2	58-96	b 27.2±0.3	22.1-29.7
40-20-5-6	a 7.8±0.1	7.2- 9.1	a 112.9±0.7	103-119	a 14.4±0.6	7-24	a 22.1±0.2	18.3-24.5	a 2.7±0.1	1.7-3.4	a 77.7±0.7	66-89	a 27.7±0.2	24.8-29.8
F_2	b 8.9±0.1	6.9-10.1	b 106.1±0.7	85-125	b 18.2±0.4	9-30	b 20.2±0.2	16.4-25.8	b 1.7±0.1	0.9-3.4	b 57.8±1.5	28-96	b 29.1±0.2	21.9-35.7
BI-1-4-11	b 9.6±0.1	8.8-10.9	b 106.5±0.8	98-117	a 15.6±0.6	9-23	b 19.5±0.2	17.5-21.7	c 2.2±0.1	1.2-2.7	c 89.6±0.7	82-97	a 28.1±0.2	23.0-30.1
40-20-5-6	a 7.8±0.1	7.2- 9.1	a 112.9±0.7	103-119	a 14.4±0.6	7-24	a 22.1±0.2	18.3-24.5	a 2.7±0.1	1.7-3.4	a 77.7±0.7	66-89	a 27.7±0.2	24.8-29.8
F_2	b 8.3±0.1	7.1-10.9	b 106.6±0.7	85-120	b 16.7±0.3	8-27	b 19.9±'02	15.2-24.7	b 2.0±0.1	0.8-3.3	a 79.2±0.7	49-96	a 28.1±0.1	23.4-32.1
BI-14-4-2-6	c 9.6±0.1	8.6-10.7	b 105.7±0.7	100-116	ab16.2±0.4	12-21	c 19.1±0.2	17.1-21.1	b 1.9±0.1	1.1-3.0	b 84.3±1.2	58-96	a 27.2±0.3	22.1-29.7

註：平均值所附字母相同時表顯著水準 1%時無差異。Note: Means followed by the same letter are not significantly different at 1% level.

9.6%；兩晚熟親本中，以4-58-3較高，爲8.4%，另一晚熟親本40-20-5-6則頗低，僅7.8%。

就米粒蛋白質含量之變異係數而言，各親本頗爲相近，表示親本之各觀測值的變異大體一致。而各組合之變異係數皆較兩親者爲大，表示 F_2 之變異除部分可能受環境之影響外，大部份應屬遺傳基因之分離與重組的變異所致，且各 F_2 組合之變異係數亦大體一致，表示各組合間個體之遺傳及環境變異頗爲相似。

次就 F_2 集團之米粒蛋白質含量平均（表3）之觀察知，F_2 集團米粒蛋白質之平均或與低蛋白親本間無顯著差異存在，或雖與各該親本之平均值皆有極顯著之差異，但概較兩親之中間值爲低。似表示在本早晚熟稻間之雜交組合中，蛋白質含量低者對高者或爲顯性，或爲部分顯性。

三、株高及產量性狀之變異

就晚熟品系（4-58-3 及 40-20-5-6）與早熟品系(BB-11-5-6、BI-1-4-11 及 BI-14-4-2-6)各性狀之平均值而言，晚熟品系有植株較高、穗長且重及結實率較低之傾向（表3）。而變異係數估算的結果，早晚熟品系間各性狀之變異性尚稱一致，並皆以穗數及穗重之變異係數最大。次就各 F_2 集團各性狀之平均值觀之，僅 4-58-3×BI-1-4-11 組合之千粒重，4-58-3×BI-14-4-2-6 組合之穗長、穗重及結實率等三性狀，40-20-5-6×BI-1-4-11 組合之穗數、穗重、結實率及千粒重等四性狀及 40-20-5-6×BI-14-4-2-6 組合之穗長與各該組合之兩親有顯著之差異存在外，餘者概與其中之一親本相近（表3）。而各 F_2 集團諸性狀之變異係數的趨勢亦類其各親本，也以穗數及穗重之變異性最大，且各 F_2 集團諸性狀之變異亦概較其兩親本各該性狀之變異爲大。再就變域觀察，4-58-3×BB-11-5-8-6 組合除結實率外，其他各性狀皆有向正負二方向超越雙親之變異；4-58-3×BI-1-4-11 組合則除千粒重向正方向超越雙親外，其餘各性狀則概向負方向超越雙親而變異；其他三組合之各性狀或向正負兩向變異或正向或負向或其變異不超越兩親（表3）。

四、早熟性與米粒蛋白質含量之關係

爲明瞭雜交集團內早熟性與米粒蛋白質含量之關係，乃將五個雜交組合之米粒蛋白質含量之變異按表2之標準分爲早熟及晚熟兩羣。由表4平均值及兩羣平均值差異之顯著性 t 測驗知，各組合內早熟羣之米粒蛋白質平均含量一般較晚熟羣者爲高，僅 4-58-3×BI-1-4-11 組合中之早晚兩羣的含量差異未達顯著水準。又由表5知，除 4-58-3×BI-1-4-11 組合外，其餘各組合之早熟性與米粒蛋白質間的表現型相關皆爲極顯著之負相關；遺傳相關則各組合皆爲負值其中除 4-58-3×BI-1-4-11僅達5%之顯著水準外，其餘各組合則皆達1%之極顯著水準。此結果進一步證實前人研究之可信性，即成熟期愈早米粒之蛋白質含量也愈高。

五、米粒蛋白質含量與各農藝性間之相關

米粒蛋白質含量之化學定量耗時費工，爲高蛋白稻品種育成時所遭遇的困難之一。因之，若能找到與蛋白質有關之性狀以爲選拔之指標，則選拔工作之進行速度可大爲提高。而此種間接選拔指標之獲得，則有賴米粒蛋白質含量與其他性狀間相關關係之究明。故本研究乃用變方及變積分析法，分別估算各 F_2 集團蛋白質含量與其他性狀間之表現型相關、遺傳相關及環境相關，以供選拔之參考，茲將估算結果分別示之於表5及圖1。

綜覽表5可知：各組合之米粒蛋白質含量與各性狀間之遺傳相關值遠較環境相關值爲大；而表現型相關值則介於此兩者之間，又蛋白質含量與其他性狀概呈負相關，而顯著與否則視組合之不同而異。蛋白質含量與株高間之表現型相關及遺傳相關均呈負值，其相關值除 4-58-3×BI-14-4-2-6 組合未達顯著水準外，其他四組合者概達顯著之基準。此結果與 Tanaka and Takagi(1970)，Harn *et al*.(1973)，Hillerislambers *et al*.(1976)，Higashi and Kushibuchi (1976) 等的報告一致，顯示矮稻之蛋白質含量有較高之傾向。蛋白質含量與穗數間之遺傳相關則因雜交組合之不同而有不同之表現。在五個雜交組合中有 4-58-3×BB-11-5-8-6、4-58-3×BI-1-4-11 及 4-58-3×BI-14-4-2-6 等三個組合呈顯著之正相關關係；而 40-20-5-6×BI-1-4-11 組合則呈極顯著之負相關關係。

表 4. F_2 分離族羣早晚熟性之蛋白質含量差異

Table 4. Difference in protein content between early and late groups in the segregating F_2 populations of the rice crosses.

組 合 Crosses	早或晚熟羣 Early or late group	蛋白質 Protein content (%)										總數 Total No. of plant	蛋白質含量平均 Mean % protein	t-值 t-value
		6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0			
4-58-3	Early				4	16	23	15	5	1		64	8.75±0.06	5.4031**
×														
BB-11-5-8-6	Late			5	9	8	9	1				32	8.12±0.10	
4-58-3	Early				2	11	18	6	3	1		42	8.71±0.08	1.2167 ns
×														
BI-1-4-11	Late			1	5	10	10	7	1			33	8.55±0.10	
4-58-3	Early				3	5	13	11	3	4	2	41	9.01±0.12	4.1055**
×														
BI-14-4-2-6	Late			2	6	15	10	5				38	8.40±0.08	
40-20-5-6	Early				1	6	19	18	17			63	9.12±0.08	2.9298**
×														
BI-1-4-11	Late		1	1	4	9	6	10	3	2		34	8.69±0.06	
40-20-5-6	Early			4	9	35	19	8	1	1	1	78	8.47±0.07	4.5893**
×														
BI-14-4-2-6	Late			16	19	5	2	2	1	1		42	7.89±0.10	

** 1%之顯著水準。Significant at 1% level * 5%之顯著水準。Significant at 5% level

表 5. 早晚熟雜交組合之蛋白質含量與其他 7 個性狀間之表現型 (r_P)，遺傳型 (r_G) 及環境 (r_E) 相關

Table 5. Phenotypic (r_P), genotypic (r_G) and environmental (r_E) correlations among protein content and other 7 characters of early×late crosses.

組合 Crosses	相關係數 Correlation coefficient	蛋白質含量 Protein content with						
		抽穗期 Days to heading	株高 Plant height	穗數 Panicle number	穗長 Panicle length	穗重 Panicle weight	結實率 % seed setting	千粒重 1,000 kernel weight
4-58-3	r_P	−0.60**	−0.53**	0.06	−0.53**	−0.47**	−0.08	−0.18
×	r_G	−0.87**	−1.00**	0.25*	−0.96**	−0.80**	0.39**	−0.21*
BB-11-5-8-6	r_E	−0.14	0.22	−0.16	0.21*	−0.08	−0.17	−0.16
4-58-3	r_P	−0.17	−0.10	0.07	−0.01	−0.30**	−0.40*	−0.47**
×	r_G	−0.27*	−0.32**	0.25*	−0.02	−1.00**	−0.65**	−0.60**
BI-1-4-11	r_E	−0.08	0.08	−0.01	0.01	−0.08	−0.21	−0.41**
4-58-3	r_P	−0.47**	−0.12	0.14	−0.33**	−0.47**	−0.35**	−0.55**
×	r_G	−0.69**	−0.22	0.94**	−0.62**	−0.84**	−0.54**	−1.00**
BI-14-4-2-6	r_E	−0.2 *	0.00	−0.12	0.06	−0.19	−0.18	−0.25*
40-20-5-6	r_P	−0.29**	−0.38**	−0.19	−0.22	−0.73*	−0.67**	0.16
×	r_G	−0.39**	−0.71**	−0.69**	−0.35**	−1.00**	−0.93**	0.43**
BI-1-4-11	r_E	−0.07	0.05	−0.06	−0.01	−0.01	0.02	−0.14
40-20-5-6	r_P	−0.38**	−0.37**	−0.08	−0.29**	−0.34**	−0.12	−0.34**
×	r_G	−0.54**	−0.63**	0.07	−0.57**	−0.60**	−0.20**	−0.57**
BI-14-4-2-6	r_E	−0.25*	−0.03	−0.16	0.04	−0.11	−0.05	−0.08

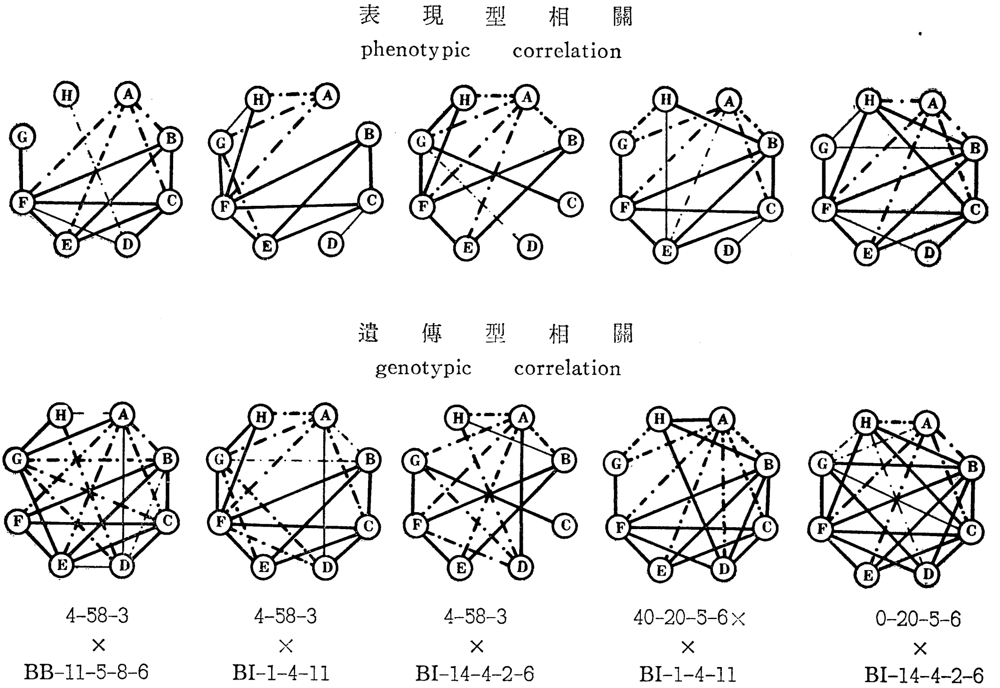


圖 1. 早晚熟雜交組合各性狀間之表現型 (rP) 及遺傳型 (rG) 相關。A：蛋白質； B：抽穗期；C：株高；D：穗數； E：穗長； F：穗重； G：結實率； H：千粒重.

1 %顯著水準之正相關 Positive correlation, signifianct at 1% level

1 %顯著水準之負相關 Negative correlation, significant at 1% level

5 %顯著水準之正相關 Positive correlation, significant at 5% level

5 %顯著水準之負相關 Negative correlation, significant at 5% level

Fig. 1. Phenotypic (rP) and genotypic (rG) correlations among eight characters in the F_2 populations of early×late crosses. A : protein ; B : heading date ; C : plant height ; D : panicle number ; E : panicle length ; F : panicle weight ; G : percent seed setting ; H : 1,000 kernel weight

蛋白質含量與穗長間之表現型相關及遺傳相關除 4-58-3×BI-1-4-11 組合未達顯著水準外，其餘四組合均爲極顯著之負相關。各組合之米粒蛋白質含量與穗重、結實率及千粒重等三性狀間表現型相關之負相關關係概極顯著，而與 Hsieh (1975) 及 Hsieh and Brunner (1976) 等的研究結果相同。

六、各農藝性狀間之相關

茲將各組合諸農藝性間之表現型相關及遺傳型相關示於圖1。由圖可知：抽穗期與株高間之關係除 4-58-3×BI-14-4-2-6 組合外，其他各組合之表現型相關皆呈極顯著之正相關，抽穗期與穗數之關係則似爲獨立。抽穗期與穗長及穗重則呈極顯著之正相關關係，此表示抽穗期愈晚者穗愈長、愈重。

就株高與其他性狀之關係而言，除 4-58-3×BI-14-4-2-6 組合外，其他各組合株高與穗長、穗數及穗重等三性狀概呈極顯著之正相關，表示太矮品種之育成可能導致穗數、穗長及穗重之低減而致產量之低降。穗數與穗長間之關係則似爲獨立。穗長與穗重及穗重與結實率皆呈極顯著的正相關，表示穗愈長則穗重，穗重者結實率也愈佳。

表 6. 早晚熟品系間雜交集團之遺傳變方（V_G），遺傳率（h^2）及有效因子數（R）

Table 6. Genetic variance (V_G), heritability (h^2) and number of effective genes (R) estimated from F_2 populations of the crosses between early and late lines.

(a)

組合 Crosses	蛋白質 % protein			抽穗期 Heading date			株高 Plant height			穗數 Panicle number		
	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R
4-58-3× BB-11-5-8-6	0.175	0.45**	1.04	39.98	0.96**	0.26	67.85	0.81**	0.05	16.73	0.62**	0.07
4-58-3× BI-1-4-11	0.10	0.31	1.74	23.14	0.93**	0.34	33.97	0.63**	0.35	3.77	0.31	0.05
4-58-3× BI-14-4-2-6	0.22	0.40	0.78	24.91	0.95**	0.42	56.66	0.79**	0.24	0.95	0.15	0.48
40-20-5-6× BI-1-4-11	0.24	0.56**	1.78	22.95	0.92**	0.41	24.05	0.57**	0.21	0.99	0.08	0.18
40-20-5-6× BI-14-4-2-6	0.21	0.42*	1.98	27.65	0.95**	0.45	40.46	0.74**	0.16	2.00	0.20	0.20

(b)

Crosses	穗長 Panicle length			穗重 Panicle weight			結實率 % seed setting			千粒重 1,000 grain weight		
	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R	V_G	h^2	R
4-58-3× BB-11-5-8-6	4.92	0.84**	0.10	0.28	0.64**	0.54	0.00	0.00	0.00	0.82	0.46**	0.00
4-58-3× BI-1-4-11	3.29	0.76**	0.20	0.00	0.00	0.00	125.25	0.90**	0.09	0.58	0.03	0.00
4 58-3 ×BI-14-4-2-6	4.35	0.80**	0.22	0.14	0.45*	1.17	37.23	0.56**	0.08	0.00	0.00	0.00
40-20-5-6 ×BI-1-4-11	2.75	0.67**	0.29	0.09	0.23	0.42	205.75	0.93**	0.05	1.57	0.48**	0.01
40--20-5-6 ×BI-14-4-2-6	3.38	0.70**	0.33	0.20	0.53**	0.40	35.83	0.55	0.08	0.00	0.00	0.00

七、蛋白質與各農藝性狀之遺傳變方、遺傳率及有效基因對數

按 Lush (1945) 廣義遺傳率的計算方法，求各組合諸性狀之遺傳變方及遺傳率，且以 Nei (1956) 之理論行遺傳率之顯著性測定，並利用 Castle-Wright (1921) 之公式導出控制各該性狀之有效基因對數，玆將估算結果列於表 6。由表 6 可知：就各組合之同一性狀言，遺傳變方與遺傳率之變異趨勢一致，即遺傳變方大者遺傳率亦較高，反之，遺傳率低者遺傳變方亦較小，但就各組合之內各性狀言，則兩者無一致之傾向。一般而言，抽穗期、株高、穗長及結實率 (除 4-58-3×BB-11-5-8-6 外)等四個性狀之遺傳變方概較大，各介於 22.95～39.98、24.05～67.85、2.75～4.92 及 35.83～205.75 之間，其遺傳率亦較大，各介於 0.92～0.96、0.57～0.81、0.67～0.84 及 0.55～0.93 之間，而均達極顯著之水準，如結果表示此等性狀之早期選拔效果頗爲可靠。蛋白質含量、穗重及千粒重之遺傳變方較小，各介於 0.10～0.24、0.09～0.28 及 0.58～1.57 之間，其遺傳率均較上述四個性狀爲小，各爲 0.31～0.56、0.23～0.64 及 0.30～0.48，其顯著與否則視組合之不同而異，此即表示此三性狀之早期選拔效果較小。穗數之遺傳變方與遺傳率因雜交組合而不同，除 4-58-3×BB-11-5-8-6 組合達極顯著水準外，餘者概不顯著，故該四組合之早期選拔應屬無效。

所估算之蛋白質含量之有效基因對數爲 1～2 對，抽穗期則爲 0.26～0.45，而與表 2 所示抽穗期爲 1 對基因控制之結果不同，可能原因當爲 F_2 變異太大之故。除 4-58-3×BI-14-4-2-6 組合穗重之有效基因數爲 1 對外，其他各組合各性狀之有效基因數均在 1 對以下，此可能爲雙親各性狀之差異不大之故。

討　　論

作物之種種性狀概受多數遺傳基因之支配，品種間之雜種後裔常呈連續變異。本試驗之材料僅早熟遺傳基因團 (E-gene block) 有差異外，其遺傳背景 (genetic background) 均屬相同。今在同樣條件下進行比較試驗結果發現：早熟品系一般概較晚熟品系約早10天抽穗，故可認定早熟基因團可提早抽穗期10天。又晚熟品系有植株較高，結實率低下及穗長且重之傾向，但據諸組合各性狀間相關係數之估算知，各組合中抽穗期僅與穗長及穗重兩性呈極顯著之正相關。故早熟因子似對穗長及穗重等兩性狀發生多效作用而減少其大小。此推論則與蔡 (1971) 之早熟因子對株高及穗長發生多效作用而減小其大小的結果不大一致。

一般研究顯示，早熟稻品種之米粒有蛋白質含量較高之傾向 [12,14,24,35,36,40]。因之，導致早熟稻品種抽穗開花提早的早熟因子與米粒蛋白質含量關係之探討，乃爲頗具饒趣的問題。本試驗使用上述早熟 isogenic 品系爲材料，證實各早熟品系之米粒蛋白質含量均較晚熟品系者爲高，且兩晚熟品系間亦有極顯著差異存在。故似可判定 $E^{b(1)}$-$E^{b(2)}$ 及 $E^{b(1)}$-$E^{ix(1)}$ 兩基因團 (表 1)，對米粒粒蛋白質含量有正的效應，而 m^b 基因 (表 1) 對米粒蛋白質含量之負方向影響，又較 m^a (表 1) 者爲顯著。又數據顯示，諸組合中除 4-58-3×BI-1-4-11 組合外，早熟羣之蛋白質平均含量均較晚熟羣者爲高 (表 4)，且各組合中亦僅該組合之米粒蛋白質含量與抽穗期之負相關關係未達顯著水準 (表 5 及圖 1)。似此，4-58-3×BI-1-4-11 及 4-58-3×BI-14-4-2-6 兩組合同爲 m^a ×$E^{b(1)}$-$E^{ix(1)}$ 之基因組合，但兩者之表現却不一致，如果此結果表示在 4-58-3×BI-1-4-11 組合中有關之遺傳基因曾發生互換，則我們可據此判定，高蛋白質含量不可能爲早熟因子羣之多效性效應，而可能係控制米粒蛋白質含量的基因與早熟因子間具有連鎖之現象。此推論恰與 Tanaka (1973) 之早熟性與高蛋白含量可能爲因子多效性之效果的擬說不一致。

米粒蛋白質含量之化學定量耗時費工，故其與其他性狀間相關關係之究明，則有助於選拔之進行。本試驗估算米粒蛋白質含量與其他性狀間之相關性獲知米粒蛋白質含量與抽穗期間概呈極顯著之負相關，意即抽穗期愈早者，其米粒蛋白質含量也愈高。此結果恰和多數學者之研究報告一致 [24,35,36]。而據 Ishizuka and Tanaka (1969) 指出，在同一栽培條件下，不論品種熟性之早晚，稻株

莖葉中之氮含量均隨生長日數之增加而相對遞減，又莖葉中之氮素對米粒之蛋白質含量有正的效應 (25,27,2833,,39) 。似此，早熟品種在莖葉等營養器官高氮素含量下，進行幼穗分化，抽穗開花而充實，如莖葉氮素之轉運不發生問題，則其米粒之蛋白質含量當較晚熟品種爲高。由此生理方面之綜合推論，似足以說明抽穗期與米粒蛋白質含量之負相關關係。

謝 (1975)，Tanaka and Takagi (1970)，Harn *et al.* (1973)，Juliano *et al.* (1972 b) 分別指出，結實率、千粒重（或百粒重、單粒重）、株高、穗數及穗長等性狀與米粒之蛋白質含量概呈顯著之負相關。本試驗綜合早晚熟間等五個雜交集團之米粒蛋白質含量與其他性狀間之相關關係言，其或爲顯著或爲極顯著之負相關，雖略有組合間之差異，但大致與上述學者之結果相一致。

綜觀謝 (1975)，Tanaka and Takagi (1970)，Harn *et al.* (1973) 及本試驗之結果顯示，米粒蛋白質含量概與產量構成性狀呈負相關之關係，亦即與谷產量呈顯著負相關 (16,26,29)。而 Taira *et al.* (1975) 剪除稻穗之一次枝梗發現米粒千粒重無顯著變異，但子實之蛋白質含量則顯著增加；而穀粒中之澱粉則與蛋白質互爲消長 (21)。似此，低產量之水稻，其蛋白質含量之所以較高，可能導因於蛋白質的來源 (source) 不變，但因貯藏器官 (sink) 較小，致使子實有較多量之蛋白質累積之故。

關於稻米蛋白質含量之遺傳率，不僅因研究者而有所不同，也視雜交組合而有所差異。本研究中發現，早晚熟性間雜交組合之米粒蛋白質含量的遺傳率介於 0.31～0.45 之間，略低於 Bollich and Webb (1968) 及楊 (1973) 之研究結果。而與 Hillerislambers *et al* (1973) Higashi and Kushibuchi (1976) 之結果類似。當遺傳率低時，則可藉適當之環境控制，以減低試驗誤差 (41)，以謀遺傳率值之提高俾便理想因子型得表現其潛能。而據郭 (1976) 之歸納論證知，氮肥用量與施用時期、農用藥劑的施用與否、栽培季節年代地區、水分管理、栽培密度及收獲時期等因子皆顯著影響到米粒蛋白質含量，爲儘可能消除試驗誤差，合理精確的經營一切人爲可控制之因子，配合完善的試驗設計，則可得較正確之試驗情報。

綜合本試驗之結果，認爲早晚熟性間之雜交組合，雖米粒蛋白質含量之變異較小，遺傳率亦較低，但抽穗期與米粒蛋白質含量及其他性狀間之相關關係；以及米粒蛋白質含量與其他性狀間之相關關係並不絕對一致，暗示控制米粒蛋白質含量之基因與控制抽穗期之基因間互能具連鎖關係因子非多效性之結果，表示早熟豐產良質稻品種之育成頗有可能。

誌謝：本試驗承蒙國立中興大學蔡國海博士之慨贈早熟 isogenic 水稻材料，白鑑博士及曾富博士於論文撰寫期間寶貴意見之提供與本所張德梅小姐及宋素英小姐之熱心協助方能順利完成，謹誌謝忱。

參 考 文 獻

1. 郭益全。1976。環境對米粒蛋白質含量之影響。農藝彙報 1：1～4。
2. 萬 雄、呂宗佳、鄭心嫻、鄭懷斌。1974。玉米蛋白質品質之改良。雜作簡報 ：277～285。
3. 楊秋忠。1973。水稻米粒蛋白質及其他數量性狀之遺傳研究。國立中興大學碩士論文。
4. 蔡國海。1971。水稻品種臺中 65 號與大同在來等早熟品系間雜種抽穗期等性狀之遺傳研究。 中華農學會報 新 74: 7～18。
5. 謝順景。1975。水稻蛋白質含量變異之研究。中華農學會報 新 89:10～16。
6. Athwal, D. S. 1972. IRRI's current research program. Rice, Science and Man. 49-52. IRRI. Los Banos, Philippines.
7. Beachell, H . M., G. S. Khush and B. O. Juliano. 1972. Breeding for high protein content in rice. Rice Breeding 416-428 IRRI. Los Banos, Philippines.
8. Bollich, C. H. and B. D. Webb. 1968. The inheritance of protein in a rice cross. Agron. Abst. Madison. 4.

9. Cagampang, G. B. , L. J. Cruz, S. G. Espiritu, R. G. Santiago and B. O. Juliano. 1966. Studies on the extraction and composition of rice protein. Cereal Chem. 43 : 145-155.

10. Eggum, B. O. 1973. Biological availability of amino acid constituents in grain protein. Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement. Proceedings of a Research Co-ordination Meeting. : 391-480. Neuherberg. IAEA, Vienna.

11. Gomez, K. A. and S. K. De Datta. 1975. Influence of environment on protein content of rice. Agron. J. 67 : 565-568

12. Harn, C. , J. L. Won, C. K. Park and J. Y. Yoo. 1973. Mutation breeding for improvement of rice protein. Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement. Proceedings of a Research Coodination Meeting. : 115-137. Neuherberg, IAEA, Vienna.

13. Higashi, T. and K. Kushibuchi. 1976. Studies on breeding for high protein rice. II. Inheritance of the high protein property in a Japonica rice cross. Japan J. Breeding 26 : 17-24.

14. Hillerislambers, D., J. N. Rutger, C. O. Qualset and W. J. Wiser. 1973. Genetic and environmental variation in protein content of rice. Euphytica 22 : 264-273.

15. Hsieh, S. C and H. Brunner. 1976. Variability in protein content of rice. SABRAO J. 8(2):165-171.

16. IRRI (Int. Rice Res. Inst). Annual report. 1963 : 153 ; 1966 : 57 ; 1967 : 56 ; 1969 : 32, 39 ; 1970 : 13, 205 ; 1973 : 35, 41. Los Banos, Philippines.

17. Ishizuka, Y. and A. Tanaka. 1969. Nutrio-physiology of the Rice. Plant. Tokyo : Yokendo. Rev. ed. 364pp.

18. Johnson, V. A. , P. J. Mattern and J. W. Schmidt . 1972. Wheat protein improvement. Rice Breeding : 407-418. IRRI. Los Banos, Philippines.

19. Johnson, V. A. and C. L. Lay. 1974. Genetic improvement of plant protein. J. Agr. Food Chem. 22 : 558-566.

20. Juliano, B. O., C. C. Igracic, V. M. Panganiban and C. M. Perez. 1968. Screening for high protein rice varieties. Cereal Sci. Today 13 : 299-301.

21. Juliano, B. O. 1972. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and Value rice. Rice Breeding : 389-405. IRRI. Los Banos, Philippines.

22. Juliano, B. O. , C. M. Perez and K. A. Gomez. 1972b. Variability in protein content of rice. Philip. J. Biol. 1 : 74-81.

23. Kataoka, K. 1971. Studies on the chemical quality of rice kernel. (III) High protein content mutants induced by ethylenimine treatment. Bull. Faculty Agri. Tamagawa Univ. 11 : 29-40

24. Kido, M. and S. Yanatori. 1965. Histochemical studies of protein accumulating process in rice grain. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 34 : 204-290.

25. Matsuzaki, A., S. Matsushima and T. Tomita. 1973. Analysis of yield-determining process and application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. CXIII. Effect of the nitrogen top-dressing at the full heading stage on kernel qualities. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 42 : 54-62.

26. Mohan Rao, P. K. and S. C. Quah. 1973. Variability of grain protein content within rice variety IR8. SABRAO Newsletter 5 : 111-116.

27. Murayama, N. 1967. The influence of mineral nutrition on the characteristics of plant organ. The mineral nutrition of the rice plant. : 147-172. IRRI.

28. Nagato, K., M. Ebata and M. Ishikawa. 1972. Protein content of developing and mature rice grain. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 472-479.

29. Patrick, R. M. and F. H. Hoskins. 1974. Protein and amino acid content of rice as affected by

application of nitrogen fertilizer. Cereal Chem 57. : 84-95.

30. Pomeranz. Y. , G. S. Robbins, R. T. Smith, J. C. Craddock, J. T. Gilbertson and J. G. Moseman. 1976. Protein content and amino acid of barely from the World Collection. Cereal Chem. 53 : 242-249.

31. Swaminathan, M. S., M. S. Naik, A. K. Kaul and A. Austin. 1970. Choice of strategy for the genetic upgrading of protein properties in cereal, millets and pulses. Improving plant proteinby nuclear techniques. Proceedings of a Symposum : 165-183, IAEA, Vienna.

32. Taira, H., K. Hoshikawa and H. Taira. 1972. Protein content of brown rice of dwarf lowland variety. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 155-159.

33. Taira, H., H. Taira, A. Matsuzaki and S. Matsushima. 1975. Effect of primary rachis branch cutting on chemical composition of lowland brown rice. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 44 : 35-43.

34. Tanaka, S. and S. Tamura, 1968. A short report on gamma ray induced rice mutants having high protein content. Japan Agri. Res. Quarterly 3 : 1-4.

35. Tanaka, S. and Y. Takagi. 1970. Protein content of rice mutants. Improving plant protein by nuclear techniques. Proceedings of a Symposium : 55-62, IAEA, Vienna.

36. Tanaka, S. 1971. Radiation-induced rice mutants with high protein content. Rice breeding with induced mutation III. : 183-187. IAEA.

37. Tanaka, S. 1973. Varietal difference in protein content of rice. Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement. Proceedings of Research Co-ordination Meeting. : 107-113. Neuherberg, IAEA, Vienna.

38. Vogel, K. P., V. A. Johnson and P. J. Mattern. 1976. Protein and lysine content of grain, endosperm, and bran of wheat from the USDA World Wheat Collection. Crop Sci. 16 : 655-660.

39. Wada, G., S. Shoji and J. Tanahashi. 1973. The fate of fertilizer nitrogen applied to the paddy field and its absorption by rice plant. 4. Distribution of basal and top-dressed nitrogen in rice plant. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan 42 : 84-90.

40. Webb, B. D., C. N. Bollich, C. R. Adair and T. H. Johnston. 1968. Characteristic of rice varieties in the USDA Collection. Crop Sci. 8 : 361-365.

41. Wu, H. P. 1968. Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. I. A diallel analysis of heading time and plant height in F_1 progeny. Bot. Bull. Academia Sinica 9 : 1-9.

Breeding for high protein content in rice

2. Genetical studies on protein content, heading date and other agronomic characters in the cross between early and late maturing *japonica* rices [1]

by I. C. Kuo and S. C. Hsieh

Summary

Various early maturing isogenic lines of rice having the same genetic background were crossed with the late maturing lines, and protein content, days to heading as well as various agronomic characters were studied genetically. The results of the experiment are summarized in the followings:

1. The mean percent protein of early maturing isogenic lines (BB-11-5-8-6, BI-1-4-11 and BI-14-4-2-6) was found to be 9.6% which was 1.8% point higher than that of late maturing line 40-20-5-6 (7.8%). The mean percent protein of the F_2 population was either similar to that of lower-parent or lower than that of mid-parent, indicating that the low percent protein was dominant or partial dominant over the high percent protein.

2. In the F_2s of early and late crosses, early and late plants were segregated into a 3:1 ratio showing that the early heading was controlled by a pair of dominant gene. It was inferred from the appearance of much earlier plants than both parental lines that the modifing genes were involved for heading time, in addition to the major gene. A significant negative correlation between percent protein and days to heading was observed, showing that the earlier the heading time the higher the percent protein.

3. The genetic correlation between various characters tended to be larger than the environmental as well as phenotypic correlations. A significant negative correlation was observed between percent protein and plant height, panicle weight or negatively with panicle number, percent seed setting and 1,000 kernel weight depending on cross combinations.

4. Heritability value of percent protein was estimated to be 0.31-0.56 showing that selection for high protein would be effective. It was estimated further that the number of effective genes for protein content was one to two pairs.

5. In view of the close relation between days to heading and percent protein, it is considered to be relatively easy to select high protein lines by developing the early maturing lines, though its problem of lower grain yield needed to be solved.

1. Contribution No. 840 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

中華農業研究 27(3):213～222 (1978).

臺灣二期稻作增產研究
品種與一、二期作產量之關係[1]

鄧 耀 宗[2]

摘要：以 1971 年 2 期至 1975 年 1 期之蓬萊稻區域試驗及 1973 年 1 期至 1976 年 2 期之秈稻區域試驗資料分析結果，蓬萊稻一期作以中南部產量最高，公頃平均產量在 6 噸以上。二期作以屏東減產最明顯，中部地區一、二期差異最少。秈稻的產量比粳稻高，唯北部地區二期作有明顯減產現象。一、二期稻作產量大部分地點呈正相關，少部分地點呈負相關但不顯著。各地區產量變方分析的結果，大部分地點均只期作間的差異達顯著水準。地點合併分析，結果蓬萊稻部分僅期作間的差異達 1% 的顯著水準，秈稻方面，品種間與期作間的差異均達 1% 的顯著水準。

水稻是本省最主要的糧食作物，而本省的人口每年均在增加中。為求增加稻作栽培面積，以確保糧食之自給自足，近年來增設多處水庫，但因各項建設工程所佔用水田面積亦不在少數，故以增加栽培面積而求增產之道，相當不容易。唯一可以增產之道，為提高單位面積之年產量。本省目前大部分的水田均分一、二兩期種植，在高屏地區甚至可以一年三熟。就一期與二期水稻產量比較，二期作比第一期作減產 25% 左右 [1,10]。因此，如能提高二期作的單位面積產量達到第一期作的水準，則年可增加 30～40 萬噸的稻穀。

關於二期稻作減產的原因，一般認為與氣象因素，土壤肥力，病蟲害，植物營養，栽培方法以及品種等有關 [1,2,4,7]。一期作的生長環境是由短日照而長日照，由低溫而高溫，營養生長期較長，病蟲害、颱風、洪水等災害較少。二期作的生長環境則由長日照而短日照，由高溫而低溫，營養生長期較一期作短，肥料的吸收受阻而降低肥料的效應，加之天然災害較第一期嚴重，因而造成第二期作的減產。

至於如何提高二期稻作的產量，不外是耕種技術的改進，如土壤改良，排灌水的改善，施肥法的改進，栽植時期及栽植密度的檢討，防風林的設置，病蟲害的防治等、以及品種改良 [1,3,4,15]，而以品種改良來解決二期作低產問題最為經濟 [17]。品種改良方面主張：1.分期及分區育種，2.選育適合於第二期作之品種，3.加强秈稻之品種改良 [1]。關於分期育種的成效，嘉義農業試驗分所，以系比 52145×臺南 5 號為材料的試驗結果指出，在第一期作選拔或兩期作均加以選拔育成的品系，其期作的適應性較只在第二期作選育成者為大 [12]。農試所以農林 48 號×臺中在來 1 號與嘉農 242 號×Rizzotto 兩組合的試驗結果，無論早期或後期世代，分期選拔均不能提高選拔效率 [13,14]。但是嘉義分所以臺中在來 1 號，新竹矮脚尖，IR 8，他們的混合品種以及第二代雜交種為材料的試驗結果顯示親本的產量與期作有交感的現象 [16]。而且以秈，稉稻各五品種在新竹、臺中、嘉義、屏東等處的試驗結果，品種×期作及品種×地點之交感達 1% 的顯著水準 [10]。這些結果表示品種不但具有地區性，而且具有期作性。為瞭解本省慣用的稻作選育方式所育成品系對期作與地點的反應，本報告以本省秈、稉稻區域試驗的資料分析品種與期作的交感，一、二期作產量之相關關係並比較一、二期作的產量，進而探討如何改良稻作品種以提高二期作之產量。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 841 號。
2. 本所農藝系技士。

研究材料與方法

一、研究材料及地點：以 1971 年 2 期起至 1975 年 1 期止之蓬萊稻區域試驗及 1973 年 1 期起至 1976 年 2 期止之秈稻區域試驗等爲資料，供試品種如下表：

類別	蓬萊稻		秈稻	
年度及期作	1971-Ⅱ至 1973-Ⅰ	1973-Ⅱ至 1975-Ⅰ	1973-Ⅰ至 1974-Ⅱ	1975-Ⅰ至 1976-Ⅱ
供試品種	嘉農育 239 嘉農育 240 臺北育 426 新竹育 422 臺中育 194 臺中育 195 南改育 63 南改育 66 高雄育 707 臺東育 237 對照品種 1 對照品種 2	HR_1 HR_2 臺北育 440 臺北育 453 新竹育 434 臺中育 196 南改育 69 高雄育 870 臺東育 265 對照品種 1 對照品種 2	嘉農秈育 6 嘉農秈育 7 嘉農秈育 9 嘉農秈育 12 臺中秈育 156 臺中秈育 157 南秈育 16 南秈育 18 高秈育 57 高秈育 58 D 24 D 35 YH 45 對照品種 1 對照品種 2	嘉農秈育 13 嘉農秈育 14 嘉農秈育 15 臺中秈試 176 臺中秈試 186 臺中秈試 195 IR 661 南秈育 24 南秈育 28 高秈育 104 對照品種 1 對照品種 2

蓬萊稻區域試驗分別種植於臺北、新竹、臺中、嘉義、屏東、臺東、花蓮、羅東等改良場，秈稻區域試驗則種植於臺北、新竹、八德、清水、大雅、嘉義、屏東、花蓮等地。1973 年 2 期至 1975 年 1 期之蓬萊稻區域試驗部分因臺東場的資料有缺區，其資料予以放棄，未經變方分析。1973 年 1 期至 1974 年 2 期之秈稻區域試驗，因地點與供試品種之更改，2 年 4 期的資料僅臺北、新竹、嘉義等三處的資料可以利用。

二、研究方法：蓬萊稻區域試驗採用逢機區集設計，重複 6 次，每小區 5 行，每行 20 株。行株距、施肥量、及田間管理則測當地的慣行法實施。秈稻區域試驗亦用逢機區集設計，重複 4 次，每小區 5 行，每行 20 株。其他栽培管理按當地的慣用法實施。資料分析以一年二期爲一單元，先計算供試品種在各地區之單期作平均產量，然後分析一、二期作產量之相關係數並以各該品種第一期作的產量爲 100 %，計算第二期作之百分比。變方分析亦以單期作品種之平均產量爲資料，以每一地點二年四期爲一單元，分析品種，期作以及品種×期作之交感。綜合分析則將各地點合併，除去對照品種（因各地區採用不同的對照品種），以地區×期作爲不同的栽培環境，以分析品種，栽培環境以及品種×栽培環境的均方（Mean Square）。變方分析與相關分析均以電腦（Computer）操作。相關分析以 $t=\dfrac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ 測定其顯著性，變方分析則以 F 值測驗。

研 究 結 果

一、各地區一、二期稻作之平均產量

以嘉農育 239 號等 10 品種於 1971 年 2 期到 1973 年 1 期的試驗結果，第一期作的平均產量以屏東為最高，達每公頃 6,300公斤，而臺中、嘉義等地的產量亦近每公頃 6 噸左右，臺北、臺東介於 4 ～ 5 噸／公頃之間，其餘地區均在 4 噸／公頃以下（圖 1）。第二期作以臺東的 5 噸／公頃為最高，以屏東、臺北、羅東等地較低，僅 3 噸／公頃左右。 1973 年 2 期到 1975 年 1 期之供試品種為臺北育 440 號等 9 品種，各地區一、二期作的平均產量如圖 2。第一期作仍然以臺中、嘉義、屏東等地的量最高，達 6 噸／公頃左右，其他地點的平均產量介於 4 ～4.5 噸之間。第二期作臺中、嘉義、花蓮的平均產量為 4 噸／公頃以上，臺北、新竹、臺東介於 3 ～ 4 噸之間，屏東、羅東的平均產

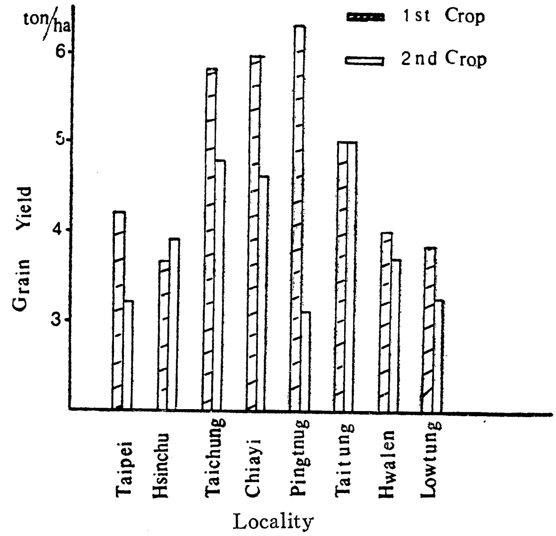


圖 1. 1971 年 2 期至 1973 年 1 期蓬萊稻區域試驗各地區之平均產量。

Fig. 1. Average yield of regional yield trial of ponlai (Japonica) rice from 1971-II to 1973-I.

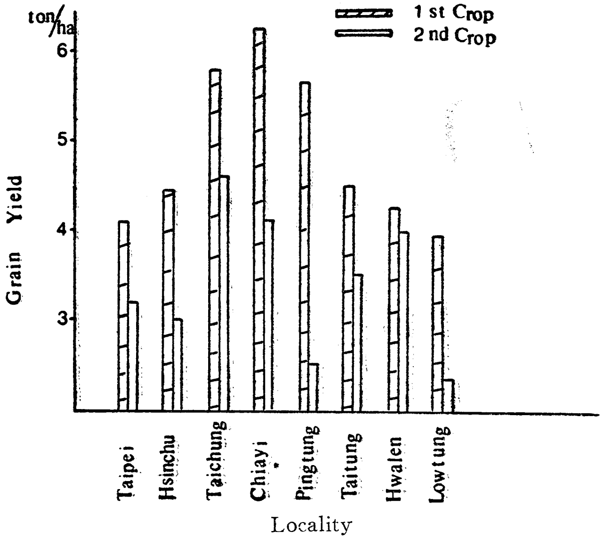


圖 2. 1973 年 2 期至 1975 年 1 期蓬萊稻區域試驗各地區之平均產量。

Fig. 2. Average yield of regional yield trial of ponlai (Japonica) rice from 1973-II to 1975-I.

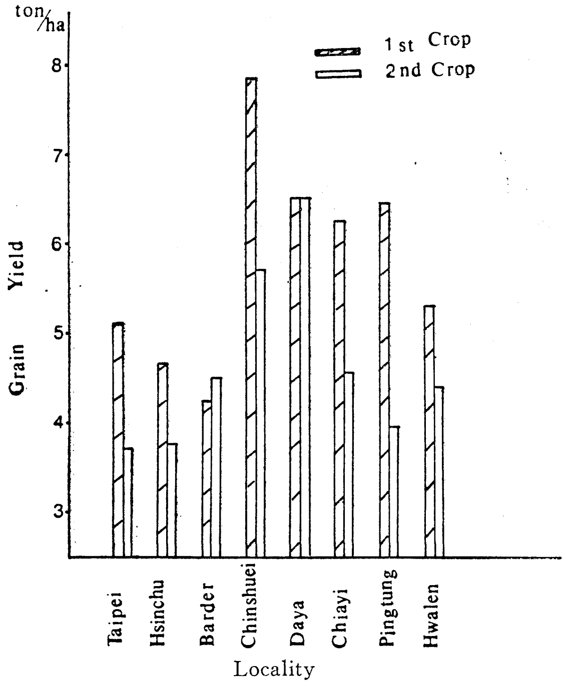


圖 3. 1975 年1期至 1976 年2期秈稻區域試驗各地區之平均產量。

Fig. 3. Average yield of regional yield trial of Indica rice from 1975-I to 1976-II.

量尚不到 2.5 噸。

秈稻區域試驗由 1973 年1期起舉辦，但第一次的區域試驗，因試驗地點與品種的更改，其資料不能供分析之用。參加第二次的秈稻區域試驗的品種有嘉農秈育 13 號等 10 品種，自 1975 年1期起至 1976 年2期止分別種植於臺北、新竹、八德（屬新竹場），清水、大雅（屬臺中場），嘉義、屏東、花蓮等地。各地區兩年四期的平均產量如圖3。第一期作以清水試驗地的產量最高，公頃產量將近8噸，其次爲大雅、嘉義、屏東等地，產量亦在6噸以上，其他地區的平均產量亦在4噸以上。第二期作的產量以臺中地區的淸水與大雅產量較高，公頃產量達6噸左右，其他地點亦在4噸左右。

由這些資料可以看出，本省第一期稻作以中南部的產量較高，公頃平均產量在6噸以上，其他地區則在4～5噸左右，秈稻與稉稻有相同的趨勢。第二期作以中部地點的產量較穩定，尤以種植秈稻的成績最爲優異。北部地區，包括新竹、臺北、羅東，產量不甚穩定。二期蓬萊稻以屏東產量最低，而二期秈稻北部地區之産量較差。

二、各地區一、二期產量之比較

一般而言，二期稻作產量比第一期差，但據 1971-II至 1973-I蓬萊稻區域試驗的資料，新竹地區二期作的產量反較第一期作高7%，臺東兩期作的產量大約相等，而在屏東，二期作產量僅及一期作之半數（49%）。全省八個地點平均，二期作比一期作減產 16 %。各品種在不同地點的反應，大體上沒有明顯的差異，各品種在各地點之平均以對照品種2（當地產量最高之推廣品種）最穩定，二期作僅減產8%，以嘉農育 240 號減產最多（22%）（表1）。

1973 年2期到 1975 年1期的蓬萊稻區域試驗結果與上一期的成績有相同的趨勢，即以臺中、臺東、花蓮等地一、二期作差異較小，以屏東的差異最大。品種間的差異甚小，全省八地點的平均，二期作約減產 28 %到 34 %。秈稻方面的反應，品種間的差異較蓬萊稻爲大，如嘉農秈育 12 號在 1973—I到 1974—II的試驗結果，二期作平均減產 14 %，而嘉農秈育6號則減產 30 %。就不同試驗地點而言，屏東不再是二期作減產最多的地點，相反的北部地區，如臺北、新竹等地減產情形

表 1. 各地水稻二期作與一期作產量之比較（2 期／1 期）

Table 1. Grain yield ratio of second crop to first crop of rice

年期 Year and crop	臺北 Taipei	新竹 Hsinchu	臺中 Taichung	嘉義 Chiayi	屏東 Pingtung	臺東 Taitung	花蓮 Hwalien	羅東 Lowtung	平均 Mean	變異範圍 Range of varietal mean
稉稻 Japonica Rice										
1971-II to 1973-I	0.77	1.07	0.82	0.78	0.49	0.99	0.94	0.84	0.84	0.78～0.92
1973-II to 1975-I	0.68	0.67	0.80	0.66	0.44	0.77	0.93	0.60	0.69	0.66～0.72
平均 Average	0.73	0.89	0.81	0.72	0.47	0.88	0.94	0.72	0.77	
秈稻 Indica Rice										
1973-I to 1974-II	0.40	0.56	0.92	0.72	0.86	—	0.89	—	0.73	0.70～0.86
1975-I to 976-II	0.73	0.82	0.88	0.74	0.62	—	0.84	—	0.77	0.71～0.87
平均 Average	0.57	0.69	0.90	0.73	0.74	—	0.86	—	0.75	

表 2. 各地蓬萊稻一期作與二期作產量之相關係數

Table 2. Correlation coefficient between grain yields of the first and second crop of Japonica rice

年度 Year	臺北 Taipei	新竹 Hsinchu	臺中 Taichung	嘉義 Chiayi	屏東 Pingtung	臺東 Taitung	花蓮 Hwalien	羅東 Lowtung
1972	0.418	0.638*	0.524	0.015	−0.230	−0.107	0.183	0.318
1973	0.191	−0.492	0.707*	−0.120	0.514	−0.079	−0.051	0.197
1974	−0.345	−0.042	0.536	−0.268	0.537	—	0.059	−0.572
1975	−0.356	0.438	0.527	0.583	0.669*	—	0.041	−0.133

* 5％顯著水準。Significant at 5% of probability.

較嚴重，中部地區及花蓮兩期作之產量差異仍然最少（表 1）。1975 年 1 期至 1976 年 2 期的秈稻區域試驗資料，表示品種間的差異仍然較蓬萊稻爲大，嘉農秈育 13 號僅減產 13 ％，而臺中秈試 195 號則減產 29 ％。就不同地點的反應看，以屏東減產 38 ％爲最嚴重，以臺中地區，花蓮等地減產較少。綜合各地區秈稻品種的結果，二期作水稻約比第一期作減產 25 ％。

三、水稻一、二期作產量之相關關係

根據各年度一、二期作產量資料計算之相關係數列於表 2 及表 3 。1971 年 2 期到 1973 年 1 期的蓬萊稻區域試驗資料，大部分地區的一、二期作產量爲正相關，新竹於 1972 年（1971 年 2 期與 1972 年 1 期）的相關係數 r=0.638 達 5 ％的顯著水準，臺中於 1973 年（1972 年 2 期與 1973 年

1 期）的相關係數 r=0.708 亦達 5 %的顯著水準。但在臺東兩年均為負相關，但相關係數很小。1973 年 2 期至 1975 年 1 期的蓬萊稻區域試驗資料僅有屏東於 1975 年之相關係數（r=0.669）達 5 %的顯著水準，其餘的相關係數均不顯著。

表 3. 各地秈稻一期作與二期作產量之相關係

Table 3. Correlation coefficient between grain yields of the first and second crop of Indca rice

年度 year	臺北 Taipei	新竹 Hsinchu	八德 Barder	清水 Chinshuei	大雅 Daya	嘉義 Chiayi	屏東 Pingtung	花蓮 Hwalien
1973	−0.202	0.455	—	—	—	0.256	—	—
1974	0.562	0.142	—	—	—	0.052	—	—
1975	0.303	0.266	0.423	0.473	0.538	0.307	0.584*	0.254
1976	0.191	0.400	0.277	0.685*	0.007	0.507	0.556	0.585*

* 5 %顯著水準。 Significant at 5% of probability

表 4. 1971 年 2 期至 1973 年 1 期蓬萊稻區域試驗產量變方分析

Table 4. Variance analysis for regional yield trial of Japonica rice from 1971-II to 1973-I

地點 Locality	均方 Mean Square ($\times 10^4$)			
	品種 Variety (V)	期作 Season (S)	品種×期作 V×S	機差 Error
臺北 Taipei	12.36	1158.37**	3.90	96.30
新竹 Hsinchu	11.62	67.57	3.45	38.81
臺中 Taichung	17.48	1402.92**	4.77	36.21
嘉義 Chiayi	12.40	2126.41	6.69	7.50
屏東 Pingtung	17.73	12142.20**	10.54	11.85
臺東 Taitung	11.96	1.60	12.50	33.67
花蓮 Hwalien	35.52	12.81	43.15	239.25
羅東 Lowtwng	27.99	362.95*	12.04	138.60
合併 Combined	42.11	2011.09**	12.98	72.29

*; ** 分別為 5 % 及 1 % 顯著水準。 Significant at 5% and 1% of probability respectively.

秈稻方面，除了臺北於 1973 年有負相關的紀錄外，其餘各地一、二期作產量均為正相關，而 1975 年在屏東（r=0.584），1976 年在清水與花蓮（分別為 r=0.685, 0.585）之相關係數達 5 %的顯著水準。由這些資料推測，第一期作產量高的品種，在大部分地點其第二期作之產量亦高。

四、水稻品種與期作之交感

以 1971 年 2 期至 1973 年 1 期的蓬萊稻區域試驗資料經變方分析的結果，品種間的差異在全省八個地區均不顯著。期作間的差異，除了新竹、臺東與花蓮之外，其他地點均達顯著的水準。品種與期作的交感均不顯著，將八個地點合併分析的結果亦僅期作間的差異達到 1 % 的顯著水準（表 4）。1973 年 2 期至 1975 年 1 期的蓬萊稻區域試驗資料分析的結果，有相同的趨勢，即所有供試的七個地點都僅期作間的差異達顯著水準。合併分析的結果亦同（表 5）。

秈稻方面僅分析 1975 年 1 期至 1976 年 2 期的資料。表 6 顯示品種及品種×期作在全省八個地

點都沒有顯著的差異，而期作間的差異除了八德與大雅之外，均達 1 % 的顯著水準。合併分析的結果，品種與期作均達 1 % 的顯著水準。表示品種在各地點對期作的反應不一樣，亦即品種具有區域性。就表 4 、 5 、 6 來看機差均方以嘉義最小，以羅東最大。

五、品種間之差異

參加區域試驗的品系均由各試驗場所選育而成，應具有不同的特性。但是所有參加蓬萊稻區域試驗的供試品種，無論是各地區單獨分析或地點合併分析，品種間的差異均不顯著（表 4 ， 5 ）。秈稻區域試驗的資料經變方分析的結果，品種間的變異較大，各地點合併分析的結果，品種間的差異達 1 %的顯著水準。

表 5. 1973 年 2 期至 1975 年 1 期蓬萊稻區域試驗產量變方分析

Table 5. Variance analysis for regional yield trial of Japonica rice from 1973-II to 1975-I

地點 Locality	均方 Mean Square (×10⁴)			
	品種 Variety (V)	期作 Season (S)	品種×期作 V×S	機差 Error
臺北 Taipei	3.93	1938.48**	6.81	49.72
新竹 Hsinchu	11.44	2432.88**	7.98	82.89
臺中 Taichung	37.23	1462.20**	13.64	44.73
嘉義 Chiayi	15.35	4981.22**	5.59	17.13
屏東 Pingtung	46.15	10991.11**	5.65	118.60
花蓮 Hwalien	8.31	92.60*	4.56	14.11
羅東 Lowtung	31.79	2642.44**	48.41	180.65
合併 Combined	64.48	2647.63**	14.89	73.29

*；** 分別爲 5 %及 1 %顯著水準。 Significant at 5% and 1% of probability respectively.

表 6. 1975 年 1 期至 1976 年 2 期秈稻區域試驗產量變方分析

Table 6. Variance analysis for regional yield trial of Indica rice from 1975-I to 1976-II

地點 Locality	均方 Mean Squarc (×10⁴)			
	品種 Variety (V)	期作 Season (S)	品種×期作 V×S	機差 Error
臺北 Taipei	43.66	2210.96**	16.76	31.88
新竹 Hsinchu	35.96	883.31**	22.81	40.70
八德 Barder	25.28	65.17	51.05	169.14
清水 Chinshuei	114.17	5311.13**	31.94	68.54
大雅 Daya	151.90	14.40	63.28	102.55
嘉義 Chiayi	80.83	3227.52**	28.22	44.53
屏東 Pingtung	141.20	6366.03**	62.73	80.77
花蓮 Hwalien	167.87	997.36**	52.21	87.01
合併 Combined	535.34**	2951.07**	44.55	80.50

** 1 % 顯著水準。 Significant at 1% of probability.

討 論

一般檢討二期作低產問題，常以各地區的平均單位面積產量來估算。過去估計二期作的產量比一期作分別減產 20 [1] 及 25 % [10]，根據全省蓬萊稻與秈稻區域試驗的結果分別減產 23 及 25 %（表1），與上述兩篇報告大體上一致。但這些結果並不表示各地區一期作的產量一定比二期作高，事實上同一地區或同一品種，二期作比一期作高產者，時有所聞。如圖1與圖3即顯示部分地點二期作的產量比一期作高。二期作減產較多的地方如屏東，一方面是由於一期作的高產，另一方面則是二期作的低產所造成。至於如何提高二期稻作的產量，可由耕種方法的改善及品種改良等兩方面著手。本文僅就品種改良部分加以探討。

一、品種與期作的交感：本省一、二兩期作的生長環境有很大的差別，但除了對日照長短敏感的品種以外，對日照鈍感的品種，一、二期作均可栽培。這些對日照鈍感的品種是否對一、二期作有不同的反應，是值得研究的問題。以本省區域試驗資料分析的結果，無論秈、稉稻，無論是單一地點分析或地點合併分析，品種×期作的交感均未達到 5 % 的顯著水準。表示這些新育成的品系，對各期作的反應具相同趨勢。但是嘉義分所以臺中在來1號，新竹矮脚尖，及 IR 8 爲材料的試驗結果，品種×期作的交感達1 %的顯著水準 [16]。以臺中在來1號，新竹矮脚尖，IR 8，高雄秈2號，嘉農秈 11 號及另外五個稉稻品種爲材料的試驗，產量變方分析的結果，品種×期作亦達 1 % 的顯著水準 [10]。就供試品種來分析，嘉義分所所用之品種 IR 8 係在菲律賓育成，其他各品種均在本省選育。是否因 IR 8 的採用而使品種×期作的交感加大，是值得進一步的研究。如果確因 IR 8 而影響品種×期作的交感，則本省慣用的選育方法可能是品種×期作交感不顯著的原因之一。

二、分期育種：嘉義分所以系比 52145 ×臺南5號 [12]，農試所以農林 48 號×臺中在來1號及嘉農 242 號 × Rizzotto [13,14] 爲材料的試驗結果均認爲分期選拔沒有效果。以區域試驗的資料分析結果亦表示大部分的地點一、二期作的產量呈正相關。表示新育成的品系經一、二期的連續選拔以後，在一期或二期表現較差的品系已被淘汰。另一可能的原因是親本本身可能對品種×期作的交感不顯著。如上述三雜交組合所採用的親本均未包括熱帶地區育成的品種，可能所有親本的品種×期作的交感均不顯著。因此，若要運用分期育種，應先調查現有的品種是否具有品種×期作交感的特性。這一項工作目前正由嘉義分所試驗中。

三、二期性品種：對二期稻作的增産李、湯特別强調選育二期性的品種 [1]。什麼是二期性的品種，他們並沒有肯定的定義。鄔等認爲二期作低產的原因，各地區並不一樣，北部地區是穗數，一穗粒數，結實率及千粒重的降低，中部兩期作差異很小，南部則是穗數，一穗粒數的降低 [10]。因此，他們主張分區分期育種。在屏東以嘉南8號與 IR 8 的試驗結果，認爲 IR 8 較適合於二期作栽培 [5]。而區域試驗的結果秈稻二期作的產量較蓬萊稻高。由上述的證據。筆者認爲秈稻較適合於本省二期作。但是目前本省的秈稻尚有米質、抗病性、耐寒性等問題。理想的二期性品種應該以秈稻爲根本，再改良其缺點。

四、分區育種：有人主張分區育種 [1,10]，但臺灣面積不大，南北部的氣候雖有差異，常有相同的趨勢。何況一優良的稻作品種應具有相當的穩定性，否則必難以應付年度間的氣候差異。二期作低產原因，各地區雖有差異，尙略有一定的趨勢。南部地區低產最大的原因是穗數的減少，根據區域試驗的資料，二期蓬萊稻的穗數約爲一期作的 60 %，而秈稻則爲 90 %。由此可知秈稻分蘖能力較蓬萊稻能適應二期作的環境，二期作種植秈稻可以改善單位面積穗數。北部地區最大的問題是二期作後期的低溫，秈稻一般均較不耐寒，生育後期的低溫常造成結實率的下降 [8,11]，甚至穎花退化。因此，如能將秈稻加以改良成「理想」的二期作品種，不但能適合於南部栽培，而且適合於北部種植。

五、Germ plasm 的使用：根據區域試驗的資料，變方分析的結果，蓬萊稻品種間的差異均不顯著（表4，5）。表示蓬萊稻品種改良所用的 Germ plasm 不够廣泛。就目前本省推廣的蓬萊稻品種分析其親本，大部分的品種均由日本稻×日本稻或日本稻×臺灣在來稻所育成，很少加入熱帶性

的 Germ plasm [5]。秈稻方面，最近由稻米研究所 (IRRI) 引進不少熱帶品種，其 Germ plasm 的使用較廣，秈稻區域試驗地點合併分析的結果，品種間的差異達1％的顯著水準即爲明證。近幾年來，各場所育成不少新品種，但尚無一品種可以取代臺南5號。爲突破此一水稻育種的瓶頸，使用更廣泛的 Germ plasm 是良好方法之一。

參 考 文 獻

1. 李水龍、湯文通。1963。臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法。科學農業 11(1、2)：9～35。
2. 吳振能。1961。水稻第一、二期作產量不同之生理原因研究。臺灣省農業試驗所 民國 50 年 年報：34～35。
3. 吳育郎、鍾德月、劉文慶。1976。臺灣南部二期水稻低產原因及其改進措施：科學發展 4 (12)：18～24。
4. 連 深、吳育郎、陳火塗。1969。屏東地區第一、二期作水稻之生態與收量之關係。農業研究 18(1)：1～16。
5. 連 深、陳火塗。1970。水稻品種嘉南8號與 IR 8 號在屏東地區之生產力比較。農業研究 19(2):51～61。
6. 黃正華。1969。臺灣稻作之品種改良。科學農業 17(9、10)：271～282。
7. 陳清義，1972。臺灣水稻生理特性之研究第2報 第一、二期作水稻之氣孔開閉習性，蒸散量及吸水型之比較研究。中華農學會報 新 78：17～25。
8. 湯文通、高景輝。1971。溫度對水稻生育之影響 I 生殖生長期不同溫度處理對水稻產量與農藝性狀之影響。科學農業 19(7、8)：270～272。
9. 湯文通、高景輝。1972。溫度對水稻生育之影響 II 生育期間溫度對水稻產量與農藝性狀之影響。中華農學會報新 77：16～25。
10. 鄔宏潘等。1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展 3 (10)：5～39。
11. 許東暉。1978。臺灣北部二期稻作低產原因之研究 生長後期低溫對不同類型稻品種生育及產量之影響。科學發展 4 (12)：5～17。
12. 張萬來。1967。栽培條件對水稻雜交後代選拔效率之影響。臺灣農業 3 (1)：1～21。
13. 楊方平、鄧耀宗。1971。水稻雜種後代分期選育效果之研究 I 早期世代開始分期選拔之效果比較。農業研究 20(3)：1～10。
14. 楊方平、鄧耀宗。1971。水稻雜種後代分期選育效果之研究 II、後期世代分期選拔之效果測驗。農業研究 20(4)：1～7。
15. 謝全份、殷森安。1967。臺灣二期稻作增產問題之研究 第一報 水稻品種不同插植期對產量之反應。農業研究 16(3)：8～15。
16. Chang, W. L. and H. P. Wu. 1976. Comparison of yield stability among pure, mixed and hybrid populations of rice. Bot. Bull. Acad. Sinica 17 : 54～62.
17. Huang, C. S. 1977. Causes of low yields of the second crop rice. J. Agric. Ass. China (N. S) 100 : 22～33.

Rice yielding increases for the second crop in Taiwan

Genotype-season interaction and correlation between yields of the first and second crop [1]

by Y. C. Teng

Summary

The data of regional yield trials from 1971-II to 1975-I of Japonica rice and from 1973 I to 1976-II of Indica rice were used for studying genotype-season interaction

1. Contribution No. 841 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

and the correlation between yields of the first and second crop. For the most cases, it was found that the yields of the first crop and second crop were positively correlated. A few cases with negative correlation coefficient were obtained, but they were too small to be significant at 5% of probability. Variance analyses for the grain yields showed only the differences between seasons were significant at 5% of probability. Combined analyses for the different localities showed that significant differences for seasons were found for Japonica rice as well as for Indica rice, however, only Indica rice revealed the varietal differences at 1% of probaility.

中華農業研究 27(3):223~227 (1978).

綠豆芽施用植物荷爾蒙生產之研究[1]

林 瑞 松[2]

摘要：本研究之主要之目的爲探討使用適當植物荷爾蒙栽培綠豆芽，以提高產量和品質。依外觀觀察，綠豆芽彎鉤部位可作鑑定處理別之檢定關鍵。蛋白質測定以 Ethrel (2-chloroethyl phosphonic acid) 及 2,4-D (2,4-Dichloro phenoxyacetic acid) 之處理均可提高蛋白質含量。掃描式電子顯微鏡觀察顯示，Ethrel 及 2,4-D 均可使下胚軸之皮層細胞擴大。本文建議綠豆芽以 Ethrel 10 ppm 處理具有商業利用價值且無藥劑殘餘量對人體健康可謂無虞。

綠豆芽 (mung bean sprouts) 在今日工業社會中，被人們認爲是最乾淨的蔬菜。近年來更有冷凍及造罐產品外銷，產量日增，尤其颱風或困旱季節更顯出其重要性。目前消費者之需求量甚多，因此栽培者已不用過去古老方法一即以浸泡 8 ～ 12 小時之種子撒播於有水孔之大水缸中，上覆以厚蔴布袋，置於室內陰暗之處，每隔 4 ～ 5 小時澆水一次。今另有應用電子自動控制水分來栽培，但是品質較差，且芽體細長。更有不肖業者擅將用水中摻些 2-4-D (2,4-Dichloro phenoxy acetic acid) 之物質，期提高品質。蓋 2,4-D 物質有殘餘毒害，尤其蔬菜採收前一週絕對禁止噴用，已曾由衛生機關公布在案。故綠豆芽使用 2,4-D 對人體之健康至感堪虞，提高綠豆芽生產之品質使用適當生長調節劑，確爲當前研究之首要。如何使綠豆芽之芽體豐滿肥大及品質爽脆亦爲本研究之目的。並以肉眼檢定綠豆芽之外觀，期能尋求各處理之特徵判斷何種之處理，易使購買者之識別以保障購買者之安全感。

乙烯被認爲有使豌豆幼芽產生三種反應 (triple response) 即植株高度變矮，莖之直徑增加，主根生長被抑制現象 [3]，因此本試驗採用乙烯釋放劑—Ethrel。並施用 2,4-D 爲比較，以測定研究其品質。

材料與方法

供試材料係一般業者採用之綠豆，購自萬華康定路一帶之種子行。綠豆來源係自泰國進口爲綠色種皮之種子。

一、2,4-D 與 Ethrel 處理綠豆芽之方法：

每 6 克爲一組，先行浸種 14 小時完成催芽，再移至底部舖有一層尼龍網之 4 寸素燒花缽中，舖種後，待發芽長度至 1.5 cm (約發芽後 36 小時)，分別以 2,4-D 藥劑 100，150，300μM 度 Ethrel 5，10，20 ppm 與等濃度噴用，並設有無藥劑處理對照組，均保持水分之供給，並控制濕度在80%，溫度 25 °C。花缽外罩以厚蔴布袋，三天後收穫，檢定 2,4-D 處理與 Ethrel 處理之外觀，並區別其特徵。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 842 號。本研究承臺大電子顯微鏡舘，輔大生物研究所提供設備，蒙張喜寧博士、扈伯爾博士指教，謹此致謝。

2. 本所園藝系技佐。

二、品質之測定與解剖：

(一) 蛋白質之測定：採用胜類的雙脲反應 (Biuret reaction for peptides)[9] 測其 Spectronic 20 光電光度計 546 nm 下之 O. D，標準蛋白質溶液之定量及標準曲線用牛蛋白 (bovine serum albumin) 製得。

(二) 掃描式電子顯微鏡觀察：於各處理中，取發芽後 3 日之綠豆芽爲材料，取其下胚軸最粗部位之橫切面，厚度 0.5 公分。材料取後，以蒸餾水洗滌，先置於卡氏固定液[5]，歷 24 小時，後以 cacodylate solution 緩衝液洗滌，再以 2.5% 。鋨酸固定[12]，歷時 2 小時，使材料呈褐色。後脫乾燥，爲避免一些人爲的結果 (artifact)，採用化學方法即酒精脫水法[1]，及物理方法即臨界點乾水燥法 (critical point method)[6]，因本材料爲非導電性，最後再以金屬蒸著法避免表面產生放電 (charge up) 現象[7]、[8]，使用 JSM-35 之掃描式電子顯微鏡拍照。

結果與討論

一、2,4—D 與 Ethrel 處理綠豆芽之檢定結果：

(一)二處理者之共同特徵：根之生長減慢且伸長部肥大。側根形成受促進，根毛形成加多Burg 與 Apelbaum[2] 解釋說此作用很可能是由於乙烯抑制了 auxin 之側向及其他方向之轉運，使 auxin 之量累積而影響到側根之發生。 2,4-D 的效果亦同，下胚軸呈腫脹現象，未經處理者芽體纖弱細長，沒有經濟價值。Sargent, Atack 與 Osborne[10] 以豌豆爲材料亦呈此現象。Eisinger 與 Burg[4] 表示豌豆經處理後，凡是乙烯及 2,4-D 處理者，其腫脹處之細胞壁均有另一種小纖維之排列方式，此改變即是纖維素在光學顯微鏡下明暗帶的變化。正常情形之 optical birefringence 現象消失。至於綠豆芽是否有此現象，有待更深入之研究。

(二) 二處理者之相異特徵：Ethrel 處理者，其彎鉤捲曲 (hook closure) 部位捲得很緊，而 2,4-D 處理者。。捲曲部位呈開張狀，此情況 Sargent, Andrew 與 Osborne[11] 以豌豆爲材料亦發現上述之情形。此種現象可作豆科植物是否有經處理之生物檢定。消費者亦可據此形態爲拒購之參考，以免 2,4-D 餘毒之安全。

二、品質之測定與解剖：

1.蛋白質之含量：由表 1 顯示 Ethrel 可使綠豆芽之蛋白質含量增加且隨濃度之增高而增加。表 2 顯示 2,4-D 處理亦有同樣趨勢。

表 1. 綠豆芽經 Ethrel 處理後之蛋白質含量

Table 1. The protein content of mung bean sprouts treated with Ethrel

	CK	2.5 ppm	5 ppm	10 ppm	20 ppm
每百克鮮重含有量 (g)	2.23	2.35	2.45*	2.60**	2.68**
百 分 比 %	100	105	110	116	120

L. S. D. at 5%=0.27, 1%=0.33

表 2. 綠豆芽經 2,4-D 處理後之蛋質含有量

Table 2. The protein content of mung bean Sprouts treated with 2,4-D

	CK	100μM	150μM	200μM	300μM
每百克鮮重含有量 (g)	2.23	2.32	2.41*	2.55**	2.67**
百 分 比 %	100	104	109	114	119

L. S. D. at 5%=0.20, 1%=0.30

2.掃描式電子顯微鏡之觀察：由圖2、3、4之比較，Ethrel 處理使細胞擴大，前示圖 1 其外觀有腫脹現象，2,4-D 處理亦有同樣趨勢。經以 S. E. M. 利用掃描計算細胞層數均相同，因此可以確定 Ethrel 及 2,4-D 處理，使綠豆芽發生肥大現象，純粹是細胞擴大，並非細胞層數增加。

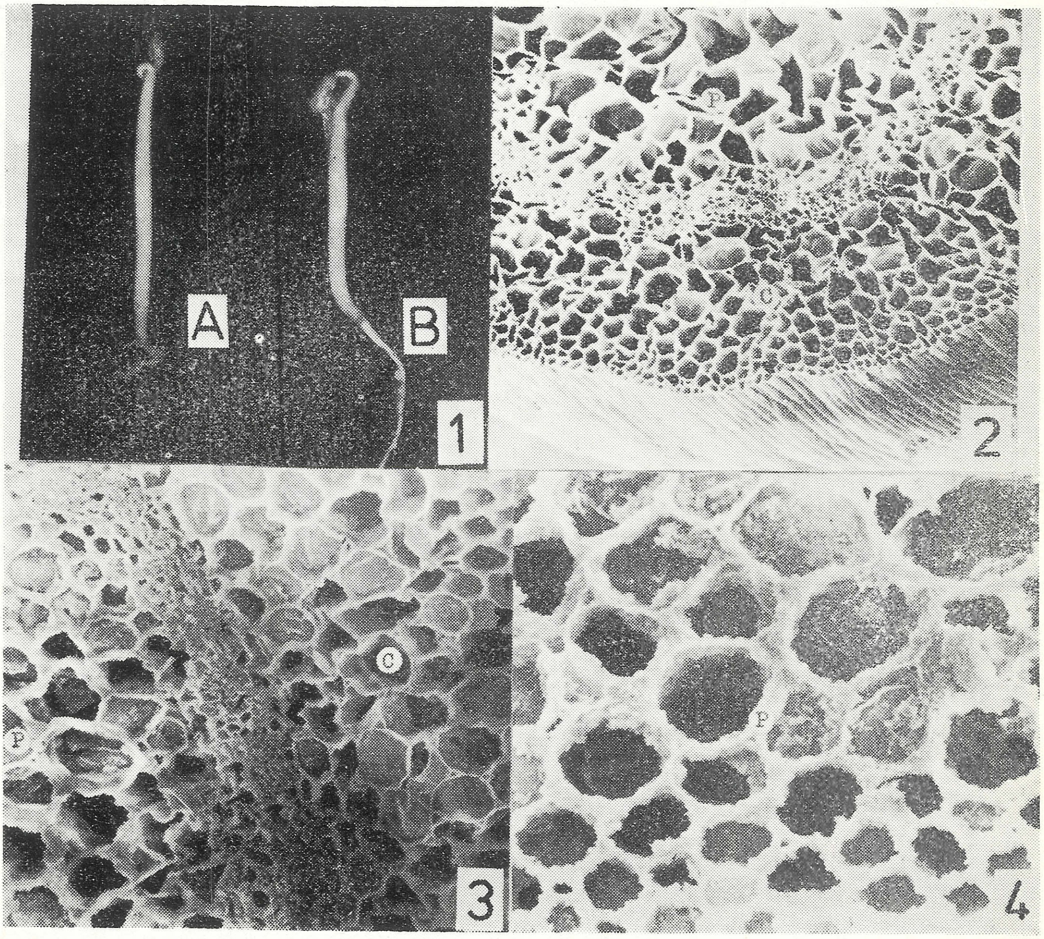


圖 **1**. 綠豆芽經 Ethrel(A, 20 ppm)與 2,4-D (B, 150 μm)處理後之比較：圖 **2**. 未經處理之綠豆芽（3天）下胚軸橫斷面 (250 X). P=Pith, C=Cortex. 圖 **3**. Ethrel 10 ppm 處理3天綠豆芽之胚軸橫斷面 (250 X). 圖 **4**. 2,4-D 150 μm 處理3天綠豆芽之下胚軸橫斷面 (250 ×).

Fig. 1. The comparision of mung bean sprout treated with Ethrel (A, 20 ppm) and 2,4-D (B, 150 μm) . **Fig. 2.** Cross section of hypocotyl of 3-day old control mung bean sprouts (250 X). P=Pith, C=Cortex. **Fig. 3.** Cross section of 3-day old mung bean sprout treated with Ethrel 10 ppm (250 X). **Fig. 4.** Cross section of 3-day old mung bean sprout treated with 2,4-D 150 um (250 X).

綜上所述結果，2,4-D 與 Ethrel 處理均有使綠豆芽肥大，提高品質之效果，惟 2,4-D 係列爲禁止使用於清潔蔬菜，尤其速成之芽菜類。而 Ethrel 根據美國 Amchem 公司之 Ethrel 毒性試驗報告，其對鼠之口服急性致死半量 LD_{50}=5,000～7,000 mg/kg ，對魚之毒性 72 小時之 TLm=290 ppm 故其毒性極低。況且 Ethrel 在 pH 於4時即行分解，而一般植物細胞之 pH 均大於4。

因此綠豆芽所需使用濃度僅 10 ppm，似可不必顧慮殘餘量，今工業化社會裡，綠豆芽之生產似可淘汰古法一物理壓加栽培。禁止濫用荷爾蒙劑，俗云「與其縱惡虎傷人，不如馴虎以順人」愼用荷爾蒙劑確應特別注意，故筆者建議生產綠豆芽可以使用 Ethrel ，以配合電子自動化控制栽培之方法。

參考文獻

1. Anderson, T. F. 1951. Technique for the preservation of three dimensional structure in prepaicing specimens of the electron microscope. Trans. N. Y. Acad. Sci. 13 : 130-134.
2. Burg, S. P. , A. Apelbaum. , W. Eisinger and B. G. Kang. 1971. Physiology and mode of action of ethylene. Hortscience 6 : 359-364.
3. Crocker, W. , L. I. Knight. and R. C. 1970. Effect of various gases and vapors upon the etiolated seedling of the sweet pea. Science 31 : 635-636.
4. Eisinger, W. R. and S. . P. Burg, 1972. Ethylene induceed pea internode sweeling. Plant physiol. 50 : 517-517.
5. Karnovsky, M. J. 1965. A formaldhyde-glutaraldehyde fixation of higher osmolarity for use in electron microscopy. J. cell. Biol. 27 : 137A-138A.
6. Kho, Y. O. and S. P. Bear. 1968. Observation pollen tubes by means of fluroescence. Euphytica 17 : 298-302.
7. Kimato, S. 1972. The scanning microscope as a system JEOL. News 10e : 2-31.
8. Lewis, L. N. and J. E. Varmer. 1970. Synthesis of cellulose during abscission of Phasolus vulgaris leaf. Plant physiol. 46 : 194-199.
9. Official methods of Analysis of the A. O. A. C. 1960. p661-665.
10. Sargent, J. A. , A. V. Atack and D. J. Osborne. 1973. Orientation of cell growth in etiolated pea stem. Planta 109 : 185-192.
11. Sargent, J. A. , A. V. Atack and D. J. Osborne. 1974. Auxin and ethylene control of growth in epidermal cell of Pisum sativum. A biophasic response to auxin. Planta 115 : 213-225.
12. Trump, B. F. and R. E. Bulger. 1966. New ultrastructural characteristics of cell fixed in a glutaraldehydeosmium tetraoxide mixture. Lab. Inst. 15 : 368.

Studies on the prodution of mung bean sprouts with the plant hormone [1]

by Ruey-Song Lin

Summary

A study for promoting quality and yield mung bean sprout cultivation with the excellent plant hormone.

Morphological observation showed that the hook of mung bean sprouts is the key to identifying of treatments. It is showed that the key is the method of biological test.

Protein analysis showed that Ethrel and 2,4-D treatments increased the cotent of mung bean sprouts.

Scanning electronic microsopy showed that Ethrel treatment and 2,4-D treatment induced the enlargement of cortex cell of the hypocotyl section.

It is suggested that mung bean sprout treated with 10 ppm of Ethrel should be valuable in the commercial production of mumg bean sprouts, proccided that residue would not be a problem for human health.

1. Contribution No. 842 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

中華農業研究 27(3):229～236 (1978).

水稻褐飛蝨的經濟爲害水平之研究

I.在褐飛蝨各棲羣密度施藥防治對稻穀收量及收益之影響[1]

鄭　清　煥[2]

摘要　在本省嘉南地區，經過六次田間試驗發現，稻穀產量明顯隨施藥時褐飛蝨之棲羣密度的增高而減少。按目前稻穀價格（保證收購或市面價格）及防治成本計算，供試三種感蟲品種，嘉農秈8號，臺中在來1號及臺南5號，無論在褐飛蝨發生密度高或低的情況下，多以每叢水稻褐飛蝨之密度平均在 10 隻水平或 10 隻以下即施藥防治所獲的純收益最高，較之褐飛蝨密度到達 20 隻／叢水平始施藥防治者約平均增加 9％左右，而較一般農民約在 40 隻／叢水平以上始施藥處理者約平均增加 20％。根據此項試驗結果，目前大力地推薦在褐飛蝨密度到達 20 隻／叢以上才有防治價值之標準應予修正，以增加稻穀產量及農民收益。

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens*) 爲本省近十年來水稻的重要害蟲。其發生爲害以中南部地區較北部嚴重，而第二期稻作又較第一期作爲慘烈。在中南部的第二期作，水稻若不使用藥劑防治，褐飛蝨的爲害損失可由 10 ～ 100%， 平均達 30% 以上，每公頃稻穀損失量平均高達 2,000 公斤左右 [1,4]。

目前本省對褐飛蝨之防治仍偏重於藥劑防治一途。然而由於過去研究多着重於藥效篩選，對於施藥防治的適當時期以及在何種棲羣密度情況下施藥防治才能獲得最高之收益則很少觸及，致使農民施藥無據，非過於頻仍則過於稀疏，影響防治效果及防治收益甚大（鄭等未發表資料）。政府當局有鑑於此，曾於 63 年召集有關工作人員，憑工作經驗以及參照國外文獻制定一假定的經濟爲害水平，平均每叢 20～30 隻褐飛蝨即行發放防治警報， 暫時作爲指導農民及時施藥防治褐飛蝨的依據 [2,3,7,8,9,14]。然而此項假定的經濟爲害水平之可靠性如何，是否適於本省應用，則有待試驗給予證明。筆者有感於上述之實際需要，乃於 63 年開始從事是項研究。茲將初步研究所得結果報告如下，以供褐飛蝨防治施藥之參考。

材料及方法

本試驗分別於 63，65 及 66 等三年之第二期稻作於嘉義農業試驗分所台斗坑農場，嘉義縣民雄、田中央以及臺南縣新營地區舉行。在台斗坑農場試驗之水稻品種，63 年者爲嘉農秈8號，65 年及66年爲臺南 5 號及臺中在來 1 號，在其他地區之試驗稻種均爲臺南 5 號。這些稻種對褐飛蝨均屬於感蟲品種。試驗處理，按施藥時平均每叢水稻褐飛蝨之發生密度而區分，63年度分爲 10，25，50，100 及 150 隻等 5 種處理，小區面積爲 55 m^2，重複 4 次，逢機完全區集排列。65 及 66 年在台斗坑試驗則將褐飛蝨發生密度區分爲 0 ，10，20，40，80 及 160 隻／叢等 6 種處理，而在民雄及新營農家稻田試驗區分爲 0 ，10，20，40等 4 種處理。小區面積均爲 30m^2，重複 4 次，採逢機完全區集設計。各次試驗，0 隻處理 65 年自水稻移植後第 4 週開始， 每週固定時間噴藥一次外，其他則均自平均

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 843 號。本試驗承農復會及行政院國家科學委員會之經費補助，謹誌謝忱。
2. 本所嘉義分所植物保護系技正兼主任。

每叢水稻有1隻褐飛蝨時（約爲移植後 50～60 天）始每週固定時間噴藥處理。其他各處理則均於褐飛蝨發生密度到達各指定密度水平時始施藥防治。褐飛蝨之發生密度，每週調查一次，於各小區中間任選 30 叢用目測方法調查。稻穀產量調查於水稻收割時實施，每小區於中央割取400叢，晒乾風選後換算公頃產量。褐飛蝨防治純收益則以稻穀按政府保證收購價格及市場價格折算現金減去防治成本（農藥費加施藥工資）計算。

試驗結果

63年第二期稻作試驗田褐飛蝨爲主要害蟲，但其發生密度不高，100 及 150 隻／叢處理區全期作中僅施藥1次，50 及 25 隻／叢處理區分別施藥2及4次。在褐飛蝨5種不同棲羣密度水平藥劑處理中，稻穀產量隨處理時褐飛蝨之棲羣密度增加而減少（表1）。自發現褐飛蝨棲羣密度達每叢水稻1

表 1. 在褐飛蝨各種棲羣密度施藥防治對嘉農秈8號稻穀產量與防治收益之影響。

Table 1. Brown planthopper control at various population density in relation to grain yield of Chianon Sen 8 and net return. Chiayi AES, 1974 2nd crop.

處理（蟲數／叢） Treatments *a* (insect/hill)	施藥次數 No. of application	產量 Grain yield (kg/ha)	純收益 Net return (thousand N.T.$/ha)
Spray weekly*b*	8	6,505 a	62.70 a
25/hill	4	5,166 b	51.44 b
50/hill	2	4,862 c	49.65 bc
100/hill	1	4,764 d	49.32 c
150/hill	1	4,723 d	48.89 c

a.當每叢水稻褐飛蝨平均蟲數到達各處理之最高蟲數時，即用 60% 之亞素靈以每公頃 0.6 l/ha 之用量處理之。(Treated with 60% Azodrin 0.6 l/ha while the number of insect per hill reached its maximum population level).

b. 於每叢平均1隻褐飛蝨之時（約爲移植後 60 天）開始處理。(Treated with 60% Azodrin 0.6 l/ha weekly started from about 1 insect/hill (60 DAT).

隻的密度開始每週噴用 55% Azodrin S. 的處理區，稻穀產量最高，每公頃產量超越平均每叢水稻褐飛蝨密度到達 25 隻始行施藥處理者達 1,339 kg。因此雖然前者在全期水稻生長期中施藥次數達後者之兩倍，但按目前政府保證稻穀收購價格及防治成本計算，發現褐飛蝨1隻／叢後每週施藥一次之處理，所獲收益仍較到達25 隻／叢始行施藥處理者高出 11,260 元。若按稻穀最低之市場價格，每公斤 5.5元（在萊稻）計算，則前者之防治純收益仍較後者超出 4,594.5 元。褐飛蝨到達 25，50，或 100 隻／叢始行施藥之處理，三者間稻穀收量雖達顯著標準，但收益間差異甚微。由本項試驗結果表示，褐飛蝨之經濟爲害水平較平均每叢水稻褐飛蝨 25 隻之密度爲低。

在同一試區於 65 及 66 年試驗期中，在試驗田褐飛蝨仍爲主要害蟲，其發生密度與 63 年試驗期中之發生密度相若，並不嚴重。一般而言，臺中在來1號褐飛蝨發生密度要較臺南5號爲高。在這兩年中當害蟲發生密度到達指定密度時，改用 75% Orthene sp 處理，此種藥劑對褐飛蝨之防治效果，要較 55% Azodrin S. 爲優。在各處理間，稻穀產量與前一試驗相同，不管臺中在來1號或臺南5號均隨藥劑處理時之褐飛蝨的密度水平增高而遞減。每週施藥一次處理區之稻穀產量，均顯著地較10隻 Sp. 叢處理區者爲高，而 10 隻／叢處理區之稻穀產量除 66 年臺中在來1號與 20 隻／叢處理者差異不顯著外，其他均顯較 20 隻／叢處理者爲優。雖然臺中在來1號與臺南5號兩品種產量互異，

但兩品種在 10 隻／叢之處理區稻穀產量與 0 隻／叢處理者相較，損失平均在 15% 左右，而 20 隻叢處理者則在 20% 左右，其損失率相當可觀（表 2，3）。

表 2. 在褐飛蝨不同棲羣密度水平施藥防治對稻穀產量及收益之影響，65年二期作

Table 2. Brown planthopper control at various population density in relation to grain yield and net return. Chiayi AES, 1976, 2nd crop.

處理（蟲數／叢）Treatments *a* (insect/hill)	施藥次數 No. of application	稻穀產量 Grain yield kg/ha	稻穀損失 Yield loss (%)	純收益 Net return (1,000N.T.$/ha) *b* 保證價格 Guaranteeprice	市場價格 Market price
臺南5號 Tainan 5					
Spray weekly *c*	12.00	5,529 a	0	48.58	29.23
10/hill	1.75	4,885 b	16.65	53.99	36.89
20/hill	1.75	4,350 c	21.33	47.84	32.61
40/hill	0.50	3,776 d	31.71	42.80	29.58
80/hill	0	3,674 d	33.55	42.25	29.39
160/hill	0	3,524 d	36.27	40.53	28.19
臺中在來1號 Taichung native 1					
Spray weekly *c*	12.00	6,239 a	0	50.51	19.31
10/hill	2.50	5,239 b	14.99	52.57	26.05
20/hill	2.25	5,030 c	19.38	50.00	24.85
40/hill	1.50	4,659 d	25.33	47.04	23.75
80/hill	0.75	4,246 e	31.95	43.65	22.42
160/hill	0	4,036 e	35.31	42.38	22.19

a. 當褐飛蝨密度到達指定密度水平時即用 75% Orthene sp. 0.8 kg 防治之。(Treated with 75% Orthene Sp. 0.8 kg /ha while the number of insect per hill reached its maxinum population level.)

b. 純收益：稻穀收益扣除藥劑及人工費，防治一次費用爲 1,250 元，保證穀價：粳稻爲 11.5 元／kg，秈稻爲 10.5元／kg；市場價格：粳稻 8 元／kg，秈稻爲 5.5 元／kg. (Net return : Value of rough rice minus the cost of insecticide and its application. Cost for one application : N.T.$ 1,250 (labour cost : 450+insecticide : 800). Guarantee price : N.T.$ 10.5/kg for Taichung (N) 1 and 11.5/kg for Tainan 5, Market price : N.T.$ 5.5/kg for Taichung (N) 1 and 8/kg for Tainan 5).

c. 移植後 28 日開始每週噴藥一次。(Spray started from 28 days after transplanting).

表 3. 在褐飛蝨不同棲羣密度水平施藥防治對稻穀產量及收益之影響，66 年二期作。

Table 3. Brown planthopper control at various population density in relation to grain yield and net return. Chiayi AES, 1977, 2nd crop.

處理 (蟲數／叢) Treatments *a* (insect/hill)	施藥次數 No. of application	稻穀產量 Grain yield kg/ha	稻穀損失 Yield loss (%)	純收益 Net return (1,000N.T.$/ha) *b*	
				保證價格 Guarantee price	市場價格 Market price
臺南 5 號 Tainan 5					
Spray weekly *c*	8.00	5,922 a	0	58.10	37.38
10/hill	1.00	5,204 b	12.12	58.60	40.38
20/hill	1.00	4,948 c	16.45	55.65	38.33
40/hill	1.25	4,754 c	19.72	53.11	36.47
80/hill	0.5	4,341 d	26.69	49.30	34.10
160/hill	0	4,159 d	29.90	47.72	33.20
臺中在來 1 號 Taichung native 1					
Spray weekly *c*	8.00	6,126 a	0	54.32	23.69
10/hill	2.00	5,253 b	14.25	52.66	26.39
20/hill	1.00	4,951 b	19.18	50.74	25.98
40/hill	1.00	4,640 c	24.26	47.47	24.27
80/hill	1.25	4,311 d	29.63	43.70	22.15
160/hill	0.75	3,658 e	40.29	37.47	19.18

a. 當褐飛蝨密度到達指定密度水平時，即用 75% Orthene Sp. 0.8 kg /ha 防治之。(Treated with 75% Orthene Sp. 0.8 kg /ha while the number of insect per hill reached its maxinum population level).

b. 純收益：稻穀收益扣除藥劑及人工費，防治一次費用爲 1,250 元，保證穀價：粳稻爲 11.5 元／kg, ，秈稻 10.5 元／kg. 市場穀價：粳稻 8 元／，秈稻 5.5 元／kg. (Net return : Value of rough rice minus the cost of insecticide and its aplication. Cost for one application : N.T.$ 1250 (labour cost : 450+ insecticide : 800). Guarantee price : N.T.$ 10.5/kg for Taichung (N) 1 and 11.5/kg for Tainan 5, Market price : N.T.$5.5/kg for Taichung (N) 1 and 8/kg for Tainan 5).

c. 每叢水稻 1 隻褐飛蝨開始，每週固定噴藥一次。(Spray started while the density of brown planth opper reached 1 insect/hill).

比較各處理之害蟲防治純收益， 65 年度試驗因 0 隻／叢處理區自移植後第 4 週即開始每週處理一次，因此防治成本偏高，使其純收益不管稻穀價格係按保證收購價格或市場價格計算，均以 10 隻／叢處理者爲最高，其次或以 0 隻／叢處理或以 20 隻／叢處理視稻穀價格高低而定，價格高時以低密度防治時爲佳，價格低時則以高密度防治爲宜。 66 年度試驗，除臺中在來 1 號在稻穀按收購保證價格計算時以 0 隻／叢處理者收益最高外，其他均與 65 年試驗相同，以 10 隻／叢處理者收益爲最高，可知褐飛蝨之經濟防治水平應在 10 隻／叢以下。

由於嘉義農業試驗分所台斗坑農場歷年褐飛蝨發生密度偏低，所得試驗結果恐未能代表一般褐飛蝨發生較嚴重之情況，因此於 66 年復選擇平時褐飛蝨較常成災之民雄、田中央及新營農民耕作田三

地點進行比較觀察。同時又因防治褐飛蝨用藥劑價格差異很大，在上述三地點試驗所用藥劑，以 MIPC, Hokbal 及 Furadan 分別代表價錢之低、中、高爲試驗藥劑。在試驗期中，三地點除新營試區褐飛蝨發生密度略低，同時又感染中度的稻細蟎爲害外，其他民雄及田中央兩試驗田褐飛蝨發生均頗爲嚴重。在自發現 1 隻／叢褐飛蝨後每週施藥一次處理與 10，20 及 40 隻／叢等處理中，三試區之稻穀產量均隨處理時蟲數之增高而呈顯著地下降（表 4）。至於害蟲防治之純收益，在新營試區使

表 4. 在褐飛蝨不同棲羣密度水平施藥防治對臺南 5 號稻穀產量及收益之影響，66 年二期作在不同地區之農民水田。

Table 4. Brown planthopper control at various population density in different lacalities in relation to grain yield of Tainan 5 and net return. Chiayi AES, 1977, 2nd crop.

處理（蟲數／叢） Treatments *a* (insect/hill)	施藥次數 No. of application	稻穀產量 Grain yield kg/ha	稻穀損失 Yield loss (%)	純收益 Net return (1,000 N.T.$/ha) *b*	
				保證價格 Guarantee price	市場價格 Market price
民雄 Min-Hsiung					
Spray weekly *c*	7.00	4,717 a	0	47.53	31.02
10/hill	3.25	4,288 b	9.09	46.19	31.18
20/hill	2.00	4,021 b	14.76	44.32	30.25
40/hill	1.00	3,529 c	25.19	39.62	27.27
新營 Hsin-Ying					
Spray weekly *c*	7.00	3,180 a	0	31.74	20.61
10/hill	2.00	2,904 b	8.68	32.06	21.85
20/hill	1.50	2,672 c	15.97	29.69	20.34
40/hill	1.00	2,362 d	25.72	26.47	18.21
田中央 Tien-Chung-Yang					
Spray weekly *c*	7.00	5,772 a	0	55.25	35.05
10/hill	2.25	4,708 b	18.44	50.56	34.00
20/hill	1.75	4,329 c	25.0	47.06	31.85
40/hill	1.75	3,746 d	35.10	40.35	27.19

a. 當褐飛蝨棲羣密度到達指定密度水平時，即施藥防治。民雄試區使用 40% Hokbal EC, 新營試區使用 20% 20%MIPC EC, 田中央試區使用 40.64% Faradan FW. (Treated with 40% Hokbal EC. 1.5l/ha at Min-Hsiung, 20% MIPC EC. 1.5 l/ha at Hsin-Ying and 40.64% Furadan FW. 1.5 l/ha at Tien-Chung-Yang while the number of insect per hill reached its maxinum population level).

b. 純收益：稻穀收益扣除防治成本，每次防治成本；民雄試區爲 960元／，新營試區爲 690 元//ha, 田中央試區爲1,590元/ha, 稻穀價格參看表2。(Net return : Valne of rough rice minus the cost of insecticide and its application. Cost for one application at Min-Hsiung : N.T.$ 960/ha (Labour cost : 450, insecticide : 510), Hsin-Ying : 690/ha (Labour cost : 450, insecticide : 240) and Tien-Chung-Yang : 1590/ha (Labour cost : 450, insecticide : 1140). Guarantee price : N.T.$ 11.5/kg, and market price : 8/kg).

c. 當褐飛蝨密度到達平均每叢 1 隻時，開始每週噴藥一次。(Spray started while the density of the brown planthopper reached 1 insect/hill).

用 20% MIPC EC 防治，因水稻受稻細蟎爲害影響產量偏低，以保證收購價格及市場價格計算，均以 10 隻／叢處理收益最高，每週連續處理 1 次者次之；在民雄試區，以 40% Hokbal EC 處理，其純收益若按保證收購價格計算以每週處理一次者收益最高，10 隻／叢處理者次之，但按市場價格計算，則以 10隻／叢處理者略較每週噴藥一次者爲高。在田中央試區，以 40.64% Furadan FW 處理，則兩種稻穀價格均以每週處理一次者獲益最高，10隻／叢處理者次之。由上述三試驗區所得結果表示，在目前本省稻穀的價格以及施藥防治成本的情況下，防治褐飛蝨均應於 10 隻／叢或低於 10 隻／叢時即應施藥防治，其所獲的防治收益要較目前推薦之 20 隻／叢才防治者爲高。

討 論

近年來害蟲防治的觀念在於抑制害蟲密度於「經濟爲害水平」(Economic injury level) 之下，而非在於根絕害蟲。所謂經濟爲害水平，簡單而言，是指害蟲能致使作物經濟受害的最低密度。也就是實施人工防治可獲最佳之防治成本／報酬之最低害蟲數。但事實上經濟爲害水平是一個活動的變數，受到作物的市場價格，害蟲防治成本以及其他環境因素，諸如作物品種，生長期，生長環境……等之影響，因此正確的或共同性的經濟爲水平是很難訂定的 (11)。

褐飛蝨在本省田間發生模型近年來業經多人觀察（陳、劉、鄭、未發表資料），一般而言，在第二期作侵入本田後繁殖之第一世代，若在秧田期有妥當的防治，其密度甚低，待至第二世代，約在移植後 45～60 天，亦即水稻孕穗期，密度始逐漸增高。至第三世代，約在移植後 70～90 天，或水稻之齊穗期至糊熟期，密度達於高峰，水稻被害枯萎形成「蝨燒」一般於此時形成。其後由於水稻黃熟，組織堅硬，不利於褐飛蝨繁衍生長，在中南部以北更因受天候轉涼影響，密度又告下降 (6)。因此防治褐飛蝨主要在水稻孕穗期至糊熟期，這段影響水稻稔實率最重要的期間 (12)。

本試驗根據褐飛蝨田間實際發生情況，於其不同發生密度水平施藥防治，比較其產量，再按稻穀市場價格及防治成本計算防治純收益，以作爲施藥防治之依據。從上述感蟲之不同水稻品種，在褐飛蝨發生輕重不同以及使用價錢高低不同的殺蟲藥劑情況下多顯示，以褐飛蝨密度在 10 隻／叢密度水平或密度更低的情況下即行施藥防治，所獲得的防治收益最高。

10 隻／叢處理區所獲稻穀平均產量較 20 隻／叢處理區增加 320 kg/ha 或 7.58%，較 40 隻／叢處理區增加 725 kg/ha 或 19.43%；其純收益若按目前稻穀保證收購價格及市場價格計算，則 10 隻／叢處理區平均分別較 20 隻／叢處理區增加 9.03 及 6.49%，較 40 隻／叢處理者分別增加 20.10 及 16.72%，其增加率相當顯著。然而比較 10 隻／叢處理之噴藥次數與 20 隻／處理者，在褐飛蝨發生密度低的情況下，兩者並無差異；在高密度時，亦約僅有一次之差異，其增加的防治成本，由增加之收益扣除後仍尚有餘。從此項防治成果可見 10 隻／叢之密度水平防治優於現推薦之 20 隻／叢密度水平防治。從施藥後害蟲密度恢復速度而言，低密度時施藥防治害蟲棲羣亦較高密度防治者緩慢。因此防治褐飛蝨應於低密度時即應施藥防治 (5)。

如前面所述，害蟲的經濟爲害水平受多種因素影響，各地所訂定的互有差異。在菲律賓認爲褐飛蝨之經濟爲害臨界爲每莖 1 隻或每叢 25 隻左右即應施藥防治 (7,9)。在印度則建議在移植後 70 天左右，每叢水稻平均 2～5 隻成蟲或若蟲即應施藥防治 (10)。日本在褐飛蝨侵入本田後繁殖之第二世代，每叢水稻平均達 2～5 隻，或短翅成蟲平均每叢水稻達 0.25～0.33 隻時即應防治 (13)。由於各地稻穀價格及防治成本與環境不一，褐飛蝨發生情況以及稻種不同，因此所獲結果亦相互不同，但綜合此項結果均强調於低密度即應防治。目前本省農民一般均待至褐飛蝨達相當高密度始行施藥防治的作法，有加以教育改進之必要。至於對褐飛蝨具不同抗性品種和各水稻生長期，對褐飛蝨不同密度爲害之容忍程度，及褐飛蝨在這些品種或生長期之經濟爲害水平如何？則有待更進一步加以研究。

參 考 文 獻

1. 陶家驊。1967。稻作害蟲防治與稻穀產量問題之研討。糧農經濟研究 9：1～7。
2. 鄭清煥。1974。在不同褐飛蝨棲羣密度施藥對水稻產量之影響。臺灣農業試驗所 年報：137～138。
3. 鄭清煥。1975。主要稻作害蟲發生趨勢與防治。臺灣省農林廳出版小册。中興新村農林廳。
4. 鄭清煥。1976。褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計。植物保護學會會刊 18(2):147～60。
5. 鄭清煥、劉達修。1978。防治褐飛蝨藥劑田間藥效比較試驗。中華農業研究 27(1):1～11。
6. Cheng, C. H. 1977. The occurrance and control of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in Taiwan. Paper presented at Pacific Science Association Symp. Denpasar, Indonesia, 1977. 19pp.
7. Custodio, H. A. F. F. Sanchez, M. D. Pathak, V. A. Dyck and R. Feuer. 1974. 1974. Interagency insect control guide for lowland rice in the Philippines. Leaflet, published by the Department of Agriculture, Philippine.
8. Dyck, V. A. 1974. Recent advances in integrated control of insect pests of rice. Paper presented at Inter. Rice Res. Conf. April, 1974 at IRRI. 12pp.
9. Dyck, V. A. and G . C. Orlido. 1977. Control of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) by natural enemies and timely application. The rice brown planthopper, compiled by Food and Fert-ilizer Technology Center, Taipei , Taiwan, Republic of China, : 58-72.
10. Kulshreshtha, J. P. and M. B. Kalode. 1976. Application of insecticides based on thresholds of economic damage-Work done on threshold of economic injury of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* and gall midge, *P. oryzae* in India. Paper presented at Intern. Rice Res. Conf, IRRI, Los Banos, Philipppines. 2pp.
11. Pedigo, L. D. 1972. Economic levels of inset pest, 24th Ann. Fertilizer and Agri. Chem. Dealer Conf. La. Crop. Ext. Serv. Pibl. EC 713. 4pp.
12. Sogawa, K. and C. H. Cheng. 1977. Economic thresholds, natural of damage, and lossescaused by the brown planthopper. The brown planthopper Symp. at IRRI, Philippnes, April, 1977, 25pp.
13. Sugino, T. 1975. Economic injury levels of rice insect Pests. Plant Protection (Japan) 29(7) : 263-267.
14. Yen, D. F. and C. N. Chen. 1970. The present status of the brown planthopper problem in Taiwan. The rice brown planthopper, compiled by Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan, Republic of China. : 162-169.

Determination of the economic injury levels of the brown planthopper in Taiwan[1]

I. Control of the brown planthopper at various population density in relation to grain yield and net return

by C. H. Cheng[2]

Summary

This study was conducted to determine the economic injury levels of the brown planthopper under field conditions ay artificial control of the insect as soon as its population reached the indicated population levels. Three insect susceptible cultivar, Chiann Sen 8, Taichung native 1 and Tainan 5 and four different cost insecticides were adopted in this study. The result of these experiments indicated that the grain yield differed significantly among the treatments, decreasing the yield with the increase of insect population level which the chemical application was opperated. Based on the prices of rice grain and the costs of the artificial control at present in Taiwan, the treatment with chemical application as soon as the brown planthopper reached the level of 10 insects per hill or below this level obtained the highest net return profit, about 9% and 20% higher than those treated while the insect population reached the levels of 20 and 40 insects per hill, respectively. Therefore, it is suggested that present recommending the use of economic threshold of the brown planthopper, about 25 insects per hill should be changed into 5-10 insects per hill to get higher grain yield and net return profit from the control of the planthopper.

---

1. Contribution No. 843 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Entomologist of the Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI.

中華農業研究 27(3)：237～244 (1978).

稻熱病流行學研究—民國66年之觀察[1]

蔡武雄[2]黃益田、游俊明[3]呂文通[4]楊涌祚[5]
梁文進[6]李新傳[7]蔡財旺[8]簡錦忠[9]

摘要：民國 66 年一期作葉稻熱病在臺南 5 號品種上之發病率爲 0.03～14.1%，嘉農秈 8 號上爲0.02～9.6%，穗稻熱病在臺南 5 號上發病率爲2.2～67.9%，嘉農秈 8 號上爲 0～74.67%，均視試驗地點而異，二期作無論臺南 5 號或嘉農秈 8 號之葉及穗稻熱病發生皆甚輕微。胞子採集數以葉稻熱病發病率較高的地點採集的數目較多，一期作採集的胞子數較二期作多。胞子開始採集得到的日期在葉稻熱病發生之前或後，視地點而異，一期作葉稻熱病發生前 7 天的日平均溫度大多在 20～25°C 之間，此溫度對葉稻熱病發生可能很重要。在水稻生育期間胞子採集最多的期間係在發病高峰期以後的初期，一年當中以 4 月或 5 月採集的胞子數最多。

稻熱病的發生有其最適宜的氣象環境，如長期細雨、缺乏日照，微風的天氣及高濕的環境，但是最主要的因子還是溫度，然而要是溫度很適宜時，雨就是主要的因子。若日平均溫度長期地在 19～28°C，最低溫在 17～23°C 時適宜稻熱病的發生 (8)。其他有關稻熱病的發生與氣象因子的研究已有報告 (3,4,7,8)。

在本省，通常第一期作發生葉及穗稻熱病，第二期作秈稻往往會發生穗稻熱病 (1,2)。但有關稻熱病的發生與氣象因子的研究在本省甚少報告。

本試驗在臺北、新竹、臺中、高雄及花蓮改良場，植物保護中心及嘉義農業試驗分所等地進行，現就部份資料整理成篇，以供防治或預測稻熱病發生的參考。

材料與方法

在宜蘭縣壯圍鄉，新竹縣峨眉鄉，彰化縣社頭鄉及南投縣民間鄉，屏東縣萬巒鄉，花蓮縣吉安鄉，臺中縣霧峰鄉及臺南縣白河鎮等地選定稻熱病經常發生的地區設置試驗田。試驗田分爲四小區，每小區爲 8 × 6 m，以對角兩小區種植同一品種，試驗品種爲臺南 5 號及嘉農秈 8 號，行株距爲 22.5×

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 844 號。本報告爲 77 (NSC) -All-A-2570 之部份資料，試驗經費承農復會及農林廳補助。試驗期間蒙邱博士人璋指導，文成復蒙斧正，特此誌謝。
2. 嘉義農業試驗分所技士。
3. 新竹區農業改良場課長，技正。
4. 臺北區農業改良場羅東分場主任。
5. 臺中區農業改良場股長。
6. 前植物保護中心助理。
7. 高雄區農業改良場股長。
8. 花蓮區農業改良場場長。
9. 臺灣省農業試驗所植物病理系技正。

22.5 cm。田間管理依當地習慣行之，唯在水稻生育過程中不施用任何殺菌劑，但施用殺蟲劑以防治褐飛蝨及黑尾葉蟬。

其次在試驗田中央設置 Kramer-collins 胞子採集器[5]。每天 24小時內，每小時吸氣 4 次以採集空中浮懸之胞子，每次吸氣歷時 90 秒鐘，1 小時共吸氣 6 分鐘，其吸入之空氣量調節爲 20l／分。胞子採集器之吸氣口離地面 80 cm 高。胞子採集器內放置一載玻片以採集胞子。載玻片塗一層黏膠，以便胞子黏在玻片上。黏膠的配方爲明膠 40 g，甘油 80 ml，硫酸銅 9 g，蒸餾水 100 ml，以間接加熱法溶成綠色黏劑。此外，並在試驗田設置自動溫濕度計、露水計及雨量計等以收集氣象資料。

發病調查每小區依對角線固定調查 20 叢，從發病開始，每三天調查一次。葉稻熱病之調查每叢取一主蘖各葉片上 R, M 及 S 型病斑數個別調查記載。R 型病斑爲呈褐色之細小斑點，M 型病斑爲圓形或橢圓形，中央灰綠色，邊緣褐色之病斑。S 型病斑爲典型的病斑，紡錘形或長條形，中間爲灰白色。各型病斑平均面積由植物保護中心負責算出 $R=0.024\ cm^2$，$M=0.077\ cm^2$ 及 $S=0.164\ cm^2$。其次將 R、M 及 S 型病斑數轉換成病斑面積。病斑總面積 $A=0.164\times N_1$（S 型病斑平均數）$+0.077\times N_2$（M 型病斑平均數）$+0.024\times N_3$（R 型病斑平均數）。最後計算病斑面積率（%）＝A/生育期面積×100%。生育期面積係將調查日期對照插秧後日數，然後查對面積曲線圖（圖 1，2）。穗稻熱病的發病率亦每小區固定調查20叢，以罹病穗數除以調查總穗數的百分率表示之。

試驗結果

一、稻熱病在不同地點發生情形及胞子採集數

水稻臺南 5 號及嘉農秈 8 號在不同地點之發病情形不同（表 1），葉及穗稻熱病一般在第一期作較易發生，且較第二期作嚴重。66年一期作葉稻熱病臺南 5 號發病率爲 0.03～14.1%，嘉農秈 8 號爲 0.02～9.6%。穗稻熱病臺南 5 號發病率爲 2.2～67.9%，嘉農秈 8 號爲 0 ～74.6% 。二期作無論臺

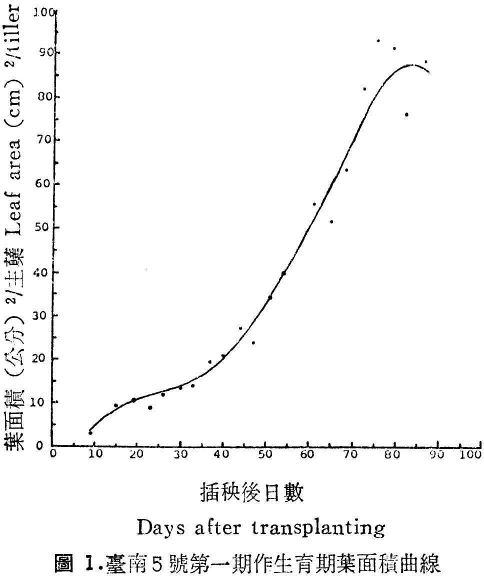


圖 1.臺南 5 號第一期作生育期葉面積曲線

Fig. 1. The curve of leaf area of Tainan 5 at different growing stages during the first crop.

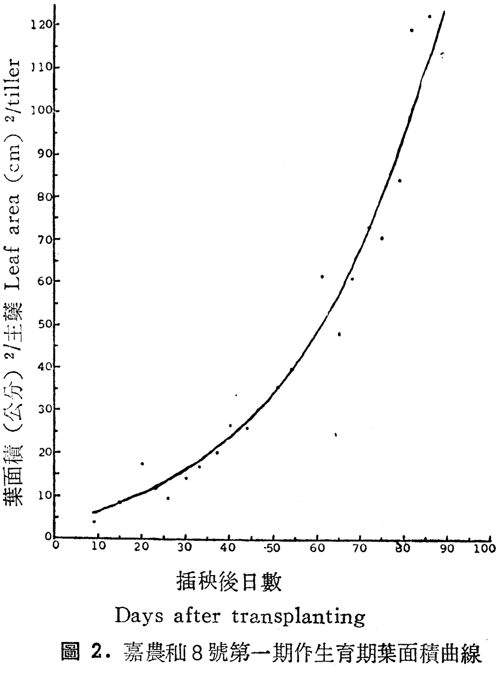


圖 2. 嘉農秈 8 號第一期作生育期葉面積曲線

Fig. 2. The curve of leaf area of Chia-nung-shen 8 at different growing stages during the first crop.

表 1. 66 年不同地點稻熱病發病率及胞子採集數

Table 1. The incidence of rice blast disease and number of conidia trapped at different test locations in 1977

地點 Locatoin	一期作 First crop season					二期作 Scond crop season				
	葉稻熱病發病率 (%) Incidence of leaf blast (%)		穗稻熱病發病率 (%) Incidence of panicle blast (%)		胞子數 No. of conidia trapped[a]	葉稻熱病發病率 (%) Incidence of leaf blast (%)		穗稻熱病發病率 (%) Incidence of panicle blast(%)		胞子數 No. of conidia trapped
	臺南 5 號 Tainan 5	嘉農秈 8 號 Chia-nung-shen 8	臺南 5 號 Tainan 5	嘉農秈 8 號 Chia-nung-shen 8		臺南 5 號 Tainan 5	嘉農秈 8 號 Chia-nung-shen 8	臺南 5 號 Tainan 5	嘉農秈 8 號 Chia-nung-shen 8	
宜蘭縣壯圍鄉 Juang-wei, Ilan	6.3	5.3	4.5	68.1	1516	0.3	0.2	1.8	0.4	158
新竹縣峨眉鄉 Wuo-may, Hsinchu	14.1	0.4	57.4	25.9	6786	1.0	0.2	23.0	26.7	747
彰化縣社頭鄉 She-tou, Changhua	4.3	2.0	67.9	74.6	749	0.3	0.2	3.6	7.4	2
南投縣民間鄉 Min-chien, Nantou	0.03	0.02	4.5	1.8	29	0.1	0.0	12.1	2.2	64
臺中縣霧峰鄉 Wu-feng, Taichung	*b*	—	2.2	0.5	545	—	—	—	—	—
臺南縣白河鎮 Pai-ho, Tainan	11.7	0.2	40.2	0.0	1018	0.2	0.0	0.0	0.0	918
屏東縣萬巒鄉 Wan-luan, Pingtung	8.9	0.7	12.1	1.6	7918	0.3	0.02	0.2	1.0	6
花蓮縣吉安鄉 Chi-an, Haulien	0.5	9.6	22.0	5.8	478	—	—	0.0	0.0	23

a. 胞子數係水稻生育期間所採集的胞子總數。The total number of conidia trapped during the growth period of the rice plant.

b. 一缺資料。Data not available.

南 5 號或嘉農秈 8 號葉稻熱病皆輕。二期作除了新竹峨眉鄉臺南 5 號及嘉農秈 8 號之穗稻熱病發病率爲 23.0 及 26.7% 外，及南投縣民間鄉臺南 5 號之穗稻熱病爲 12.1%，其他地點發病輕微。一期作花蓮縣吉安鄉葉稻熱病以嘉農秈 8 號較臺南 5 號嚴重外，其他地點均以臺南 5 號的葉稻熱病較嘉農秈 8 號爲重。一期作穗稻熱病在不同地點有不同的反應，宜蘭縣壯圍鄉嘉農秈 8 號發病率達68.1%，臺南 5 號僅4.5%，彰化縣社頭鄉穗稻熱病臺南 5 號及嘉農秈 8 號之發病率分別爲 67.9及 74.6%。臺南縣白河鎮臺南 5 號穗稻熱病高達40.2%，但嘉農秈 8 號則未發生。

在水稻生育期間所採集的胞子數，以發病較重的地點所採集到的胞子數較多，如新竹縣峨眉鄉，臺南縣白河鎮，屏東縣萬巒鄉，宜蘭縣壯圍鄉等地臺南 5 號葉稻熱病之發病率分別爲 14.1，11.7，8.9 及 6.3%，而其胞子數各爲 6,786，1,018，7,918 及 1,516 個。而發病較輕的彰化縣社頭鄉及南投縣民間鄉其發病率各爲 4.3 及 0.03%，其胞子數則爲 749 及 29 個。一般一期作所收集到的胞子數顯著地較二期作爲多。

二、胞子出現日期與葉稻熱病始發日期比較

在試驗田葉稻熱病先發生以後再採集到胞子的地點有新竹縣峨眉鄉、臺南縣白河鎮及花蓮縣吉安鄉。先採集到胞子以後再發現葉稻熱病病斑者有宜蘭縣壯圍鄉，彰化縣社頭鄉、南投縣民間鄉及臺中縣霧峰鄉。（表 2）

表 2. 66 年一期作胞子最早採集日期與臺南 5 號葉稻熱病始發日期比較

Table 2. Comparion of the date when conidia were first collected and the leaf blast appeared on Tainan 5 during the first crop season of 1977

地 點 Location		胞子採集到日期 First date of conidial collection	臺南5號葉稻熱病始發日期 Date of initiation of leaf blast on Tainan 5
宜蘭縣壯圍鄉	Juang-wei, Ilan	16/Ⅳ	17/Ⅳ
新竹縣峨眉鄉	Wuo-may, Hsinchu	12/Ⅳ	11/Ⅳ
彰化縣社頭鄉	She-tou, Changhua	27/Ⅲ	8/Ⅳ
南投縣民間鄉	Min-chien, Nantou	1/Ⅳ	11/Ⅳ
臺中縣霧峰鄉	Wu-feng, Taichung	26/Ⅲ	9/Ⅳ
臺南縣白河鎮	Pai-ho, Tainan	27/Ⅲ	23/Ⅲ
花蓮縣吉安鄉	Chi-an, Haulien	22/Ⅳ	14/Ⅳ

三、一期作葉稻熱病初發病前7天的日平均溫度

葉稻熱病發病前 7 天的日平均溫度，宜蘭縣壯圍鄉、新竹縣峨眉鄉及臺南縣白河鎮在20～25°C之間。彰化縣社頭鄉除了發病前 3 天稍高於 25°C 外，其餘 4 天均在 20～25°C，南投縣民間鄉在發病前 3，4，5 及 6 天均高於 25°C，如此在社頭及民間鄉比較不適宜發病，而其發病率僅為 4.3 及 0.03%（表 3）。

表 3. 66 年一期作不同地點臺南 5 號葉稻熱病初發病前 7 天的日平均溫度（°C）

Table 3. The daily average temperature during the 7-day period before leaf blast first appeared on Tainan 5 at pifferent locations in the first crop season of 1977 (°C)

地 點 Location	葉稻熱病初發生前日數（天） Days before leaf blast initiation							發病率 (%) Disease incidence (%)
	1	2	3	4	5	6	7	
宜蘭縣壯圍鄉 Juang-wei, Ilan	23.5	24.0	24.5	23.5	24.0	22.3	20.0	6.3
新竹縣峨眉鄉 Wuo-may, Hsinchu	21.4	21.0	24.1	22.4	24.3	23.1	20.8	14.1
彰化縣社頭鄉 She-tou, Changhua	25.3	27.4	25.1	22.6	21.6	20.5	20.9	4.3
南投縣民間鄉 Min-chien, Nantou	24.3	24.4	26.2	26.0	25.8	25.5	21.8	0.03
臺南縣白河鎮 Pai-ho, Tainan	22.5	21.3	21.0	22.0	24.0	23.0	22.8	11.7

四、一期作每半旬之胞子數與發病期間的關係

在不同地點除了彰化縣社頭鄉、南投縣民間鄉及臺中縣霧峰鄉外，其餘宜蘭縣壯圍鄉、新竹縣峨眉鄉、臺南縣白河鎮、屏東縣萬巒鄉及花蓮縣吉安鄉等地，其胞子採集數最多的時候，係在發病高峰以後的初期。彰化縣社頭鄉在水稻收穫前收集的胞子數較多，南投縣民間鄉胞子數甚少。臺中縣霧峰鄉除了在 5 月的第 4 半旬採集數較多外，其餘並未有顯著的差別（表 4）。

表 4. 66年第一期作不同地點每半旬的胞子數與發病期間

Table 4. The number of conidia trapped every 5 days and the disease period during the first crop of 1977 at different locations

地點 Location	3月 March						4月 April						5月 May						6月 June						發病期間 *b* Disease period
	1	2	3	4	5	6*a*	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
宜蘭縣壯圍鄉 Juang-wei, Ilan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	76	79	164	152	137	139	123	166	165	193	20	49	17	8	17/Ⅳ~10/Ⅴ
新竹縣峨眉鄉 Wuo-may, Hsinchu	0	0	0	0	0	0	0	0	125	103	377	446	2237	1963	845	317	105	20	14	7	7	3	0	37	11/Ⅳ~29/Ⅳ
彰化縣社頭鄉 She-tou, Changhua	0	0	0	0	0	14	6	4	13	0	2	18	18	0	4	91	11	43	71	72	94	288	0	0	8/Ⅳ~20/Ⅳ
南投縣民間鄉 Min-chien, Nantou	0	0	0	0	0	0	12	0	1	0	2	0	2	1	1	0	0	1	0	0	1	8	0	0	11/Ⅳ~17/Ⅳ
臺中縣霧峯鄉 Wu-feng, Taichung	0	0	0	0	0	1	8	13	15	46	36	45	47	40	16	149	15	4	8	10	30	57	5	0	9/Ⅳ~18/Ⅳ
臺南縣白河鎮 Pai-ho, Tainan	0	0	0	0	0	13	13	274	256	170	67	38	14	31	16	50	35	16	0	0	12	7	0	0	23/Ⅲ~10/Ⅳ
屏東縣萬巒鄉 Wan-luan, Pingtung	*c*	—	—	—	—	979	1147	1120	2503	2030	41	58	31	3	2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	2/Ⅲ~26/Ⅲ
花蓮縣吉安鄉 Chi-an, Haulien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	130	261	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	14/Ⅳ~2/Ⅴ

a. 每月第1～6半旬。The 1st to 6th five-day periods of the month.

b. 發病期間指從開始發病到發病最高峰。Disease period denotes the period from disease initiation to peak occurrence.

c. 缺資料。Data not available.

五、病原菌胞子每月採集數

在不同地點胞子採集數如表 5。宜蘭縣壯圍鄉及新竹縣峨眉鄉在 5 月份最多，彰化縣社頭鄉以 6 月最多，臺中縣霧峰鄉以 5 月最多，臺南縣白河鎮及屏東縣萬巒鄉在 4 月最多，花蓮縣吉安鄉以 5 月最多。

表 5. 66 年不同地點稻熱病菌分生胞子每月採集數

Table 5. Number of conidia of the rice blast fungus trapped monthly in 1977 at different locations

地點 Location	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10 月 Oct.	11 月 Nov.
宜蘭縣壯圍鄉 Juang-wei, Ilan	0	183	881	452	0	25	59	67	7
新竹縣峨眉鄉 Wuo-may, Hsinchu	0	1051	5487	68	180	178	255	5	0
彰化縣社頭鄉 She-tou, Changhua	14	43	167	525	0	0	1	1	0
南投縣民間鄉 Min-chien, Nantou	0	15	5	9	0	0	34	23	7
臺中縣霧峰鄉 Wu-feng, Taichung	1	163	271	110	—[a]	—	—	—	—
臺南縣白河鎮 Pai-ho, Tainan	13	818	162	19	103	497	303	15	0
屏東縣萬巒鄉 Wan-luan, Pingtung	979	6899	45	0	0	0	0	0	0
花蓮縣吉安鄉 Chi-an, Haulien	0	209	269	0	0	0	23	0	0

a.—表示缺資料。-Data not available

討　論

同一水稻品種臺南 5 號及嘉農秈 8 號在不同地點栽培時對稻熱病的反應不同，一期作臺南 5 號葉稻熱病在宜蘭縣壯圍鄉、新竹縣峨眉鄉、臺南縣白河鎮及屏東縣萬巒鄉等地發病率較高，嘉農秈 8 號葉稻熱病則在宜蘭縣壯圍鄉及花蓮縣吉安鄉發病率較高。一期作穗稻熱病臺南 5 號除在宜蘭縣壯圍鄉、南投縣民間鄉及臺中縣霧峰鄉發病輕微外，其他地點均有相當程度的發生，尤其以新竹縣峨眉鄉、南投縣民間鄉、臺南縣白河鎮及花蓮縣吉安鄉等地發病更嚴重。嘉農秈 8 號穗稻熱病以彰化縣社頭鄉發生最嚴重，達 74.6%，其次為宜蘭縣壯圍鄉亦高達 68.1%。二期作一般葉及穗稻熱病發生輕微，但新竹縣峨眉鄉穗稻熱病發生在臺南 5 號及嘉農秈 8 號上之發病率高達 23.0 及 26.7%，為所有試驗地點發病最嚴重者。至於同一品種在不同地點之發病率不同，可能是由於栽培地區的氣象因子不同，或者是由於生理小種不同之故[2]。在不同地點所收集到的胞子數目也以第一期作為多，同時在葉稻熱病發病較嚴重的地點所採集到的胞子數目，也較發病輕微地區所採集到的胞子數為多，但並非成比例。但胞子數對穗稻熱病的影響較葉稻熱病少，如彰化縣社頭鄉穗稻熱病臺南 5 號及嘉農秈 8 號之發病率各為 67.9 及 74.6%，發病率甚高，但所收集到的胞子數僅 749 個。此可能是少數的胞子就可引起穗稻熱病，或在穗稻熱病發病期間病原菌產胞較少之故。第二期作在新竹縣峨眉鄉收集到 747 個胞子，但穗稻熱病臺南 5 號及嘉農秈 8 號之發病率高達 23.0 及 26.7%，臺南縣白河鎮採集到 918 個胞

子，但葉稻熱病僅臺南5號發生 0.2%，而穗稻熱病並未發生。

一般均認爲在溫帶地區，稻熱病病原菌的菌絲及胞子可在發病的稻藁及種子上越多，而成爲第一次感染源[6]。本試驗在不同地點有些地方在葉稻熱病病斑出現前數天即可採集到胞子，如宜蘭縣壯圍鄉、彰化縣社頭鄉、南投縣民間鄉及臺中縣霧峰鄉，此可能是發病前空氣中胞子密度較高，故可採集到胞子。但有些地點如新竹縣峨眉鄉、臺南縣白河鎮及花蓮縣吉安鄉在發病後數天才收集到胞子，此可能是發病前空氣中胞子密度不高，而病原菌先在水稻上形成胞子釋放以後使空氣中胞子密度增加，於是收集到胞子。但在熱帶地方，病原菌越多並不重要，因爲空氣中的胞子整年存在[6]。而本結果得知在臺灣並非整年均可採集到胞子，通常從3月或4月才開始收集得到胞子，而到11月或以後就收集不到胞子（表5），所以在臺灣可能病原菌有越多現象。水稻生育期間所收到的胞子最多的時候並非在發病以前，而係在發病高峰期以後的初期所收集到的胞子最多，如在宜蘭縣壯圍鄉、新竹縣峨眉鄉、臺南縣白河鎮、屏東縣萬巒鄉及花蓮縣吉安鄉，此可能是發病高峰期時病斑數目最多，產胞也最多。但在彰化縣社頭鄉及南投縣民間鄉却在水稻生育後期收穫以前所採集到的胞子最多，臺中縣霧峰鄉也在水稻生育的中後期收集的胞子數較多。

溫度爲稻熱病發病最主要的因子[8]，而發病的溫度應該是發病前數天來溫度累積的結果。據宜蘭縣壯圍鄉、新竹縣峨眉鄉及臺南縣白河鎮發病前7天的日平均溫度均在 20～25°C 之間，但在彰化縣社頭鄉及南投縣民間鄉有高於 25°C 以上者，然而在兩地葉稻熱病的發病率也較低。所以第一期作在 20～25°C 間的溫度對葉稻熱病的發生可能非常重要。當然，除溫度影響發病外，尚有其他因子可以影響稻熱病的發生。

參 考 文 獻

1. 蔡武雄。1976。稻熱病在不同藥劑處理下之消長。中華農業研究 25(3)：199～205。
2. 簡錦忠。1975。長粒型秈稻異常發生穗稻熱病之調查及其病菌生理型之研究。中華農業研究 24(3，4)：23～31。
3. Kato, H. 1974. Epidemiology of rice blast disease. Rev. Pl. Protec. Res. 7 : 1-20.
4. Kato, H. 1976. Some topics in a disease cycle of rice blast and climatic factors. *In* proceedings of the symposium on climate and rice. : 417-425. IRRI 1976.
5. Kramer, C. L. and S. M. Pady. 1966. A new 24-hour spore sampler. Phytopathology 56 : 517-520.
6. Ou, S. H. 1972. Rice Diseases. Commonwealth Mycol. Inst. Kew, Surrey England 368p.
7. Suzuki, H. 1970. Interrelationship between the occurrence of rice blast disease and meteorological conditions. Rev. Pl. Protec. Res. 3 : 1-11.
8. Suzuki, H. 1975. Meteorological factors in the epidemiology of rice blast. Ann. Rev. Phytopathol. 13 : 239-256.

Epidemiological studies of rice blast disease observations in 1977 [1]

by W. H. Tsai[2], Y. T. Huang, C. M. Yu[3], W. T. Leu[4], Y. Z. Yang[5], W. J. Liang[6], S. C. Lee[7], T. W. Tsai[8] and C. C. Chien[9] [1]

Summary

During the first crop of 1977, there was a rather low incidence of leaf blast in all locations of observation, ranging from 0.03-14.1% on Tainan 5, and 0.02-9.6% on Chia-nung-shen 8. The incidence of panicle blast ranged from 2.2-67.9% on Tainan 5 and 0-74.6% on Chia-nung-shen 8. There was also a light occurrence both the leaf and panicle blast on either Tainan 5 or Chia-nung-shen 8 during the second crop. A considerably higher amount of conidia was trapped at the locations where there was a higher disease incidence of leaf blast. Generally, more conidia were trapped in the first crop than in the second crop. The trapping of conidia might either proceed or follow the first appearance of leaf blast during the first crop. The average daily temperature in the seven-day period before the disease first appeared fell in the range of 20-25°C. This temperature range might be an important factor which favored the occurrence of leaf blast. The peak occurrence of conidia in the air did not coincide with the peak incidence of leaf blast but was detected shortly after. More conidia were collected in April or May than other times in the year.

---

1. Contribution No. 844 fron the Taiwan Agricultural Research Institute. 2. Specialist, Chia-yi Agricultural Experiment Station. 3. Head and Senior Specialist of Hsinchu District Agricultural Improvement Station. 4. Chief of Lotung Branch Station. Taipei DAIS. 5. Chief of Taichung District Agricultural Improvement Station. 6. Former research assistant of Plant Protection Center. 7. Chief of Kaohsiung District Agricultural Improvement Station. 8. Director of Haulien District Agricultural Improvement Station. 9. Senior Specialist of Taiwan Agricultural Research Institute.

中華農業研究 27(3):245~258 (1978).

亞麻立枯病抑病土壤駐在細菌對萎凋病菌之擷抗效能及田間防治效果[1]

杜金池　程永雄　張義璋[2]

摘要：分離自亞麻立枯病抑病土壤之兼性嫌氣細菌（*Bacillus* sp.）對西瓜、香蕉及亞麻等不同分化型之萎凋病鐮刀菌均有不同程度之抑制作用。亞麻立枯病抑病土壤對各種作物之萎凋病也發現有抑病效果。網室試驗證明供試兼性嫌氣細菌9菌株和嫌氣芽孢桿菌2菌株個別加入土壤內雖均有抑病效果，却以上述全部細菌混合後加入病土之抑病效果最佳，田間試驗將擷抗細菌混合液淋入田間土內，對亞麻生育初、中期之立枯病有防治效果，抑病期限約維持兩個月。

Baker 和 Cook[1] 認爲抑病土壤是利用土壤內微生物而達到生物防治病害之一種土壤。據陳敏等[3] 之研究，發現本省亞麻立枯病發病田和抑病田土壤內細菌總數雖接近，然細菌種類却迥異；前者好氣性細菌較多，而後者以嫌氣性細菌和兼性嫌氣細菌爲主。這些嫌氣性和兼性嫌氣細菌是否對萎凋病鐮刀菌有擷抗效果，而爲造成抑病土壤之原因，或能否利用此等細菌導入發病田防治亞麻萎凋病，頗值研究。

本研究旨在瞭解亞麻立枯病抑病土壤應用價值，探明兼性嫌氣細菌在抑病土壤內之作用情形，並綜合利用分離自抑病土壤之嫌氣和兼性嫌氣細菌進行盆栽和田間防治試驗，俾確定這些擷抗細菌之生物防治效果。

材料與方法

本研究所採用之抑病土壤爲代號 FS-10, 發病土壤代號爲 FC-11, 業經杜金池等[11] 證明。供試各農作物鐮刀菌萎凋病原菌均由各農作物罹病株按組織分離法分離所得，再經接種試驗證明病原性而確定分化型 (Form species) 。各病原菌均培養於馬鈴薯蔗糖瓊脂培養基上，置於光照 24 小時之 20°C 恆溫箱內，並定期行大型分生胞子單胞分離培養備用。

爲探討亞麻立枯病抑病土壤對各種農作物萎凋病之抑制效果，採自田間之抑病土壤和發病土壤分成接種病原菌和不接種病原菌兩種處理。接種後均按稀釋平板法調整土內病原菌密度爲3,000菌落／每公克土壤。土壤分別裝入栽盆，栽盆大小視供試農作物之大小而異。香蕉爲大型水缸，每缸栽一株。西瓜和亞麻均爲中型陶製栽盆(直徑 23 cm, 高 20 cm)，西瓜每盆栽五株，亞麻每盆栽植 30株，香蕉每株視同一重複，各處理均設 10 重複，西瓜和亞麻以每栽盆爲一重複，仍設 10 重複，定期自土壤內調查病原菌之消長和各農作物發病情形。病原菌之消長調查依 Nash 和 Snyder[5] 之方法以 PCNB-agar 稀釋平板法估算每公克土壤之病原菌落數。除香蕉萎凋病（黃葉病）病原菌係以菌落比較法估定分化型外，其餘西瓜蔓割病菌和亞麻立枯病菌之分化型均經接種試驗而確定。

爲進一步瞭解抑病土壤對亞麻立枯病和香蕉萎凋病之防治觀察，將亞麻萎凋病抑病土壤和發病土

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 845 號。本研究爲行政院國家科學委員會研究專題 NSC-64-0501-0202 (06) 之部分成果。
2. 本所植物病理系技正兼主任及技士。

壤按下述方法處理之：（1）混合 75% 抑病土壤和 25% 發病土壤，（2）混合 50% 抑病土壤和 50%發病土壤，（3）混合 25% 抑病土壤和 75% 發病土壤，（4）發病土壤上平鋪抑病土壤 5 cm 厚，（5）100% 發病土壤，（6）100% 抑病土壤等六處理。土壤均裝在中型陶製栽盆，移入溫室（28±4°C），分別於土壤處理 7 天和 180 天後播種亞麻並調查立枯病發生率。

另於屏東縣林邊鄉擇萎凋病發生嚴重之蕉田，以客土方法將一定量抑病土壤倒入植穴（50 cm 直徑 50 cm 深）內，客土量 9 和 20 kg 等兩種，每種客土量均 6 株，每株視同一重複。另設不處理對照 6 株，蕉苗栽植前先將根頭均勻佔附抑病土壤泥漿後再將剩餘土壤傾入植穴。六個月後調查香蕉罹病情形和植株周圍 1.2 m 直徑 60cm 深範圍內土壤中病原菌之密度。

抑病土壤內兼性嫌氣細菌之類別及其對數種萎凋病鐮刀菌分化型菌絲生長之抑制效果調查，所採用之細菌均由陳敏等 [3] 分讓。供試細菌 11 菌株及 *Clostridium* sp.（菌株 S7）分別進行格蘭氏染色，內生胞子產生情形和過氧化氫酵素產生情形觀察。另分別在培養基上測定對亞麻立枯病原菌、番茄萎凋病原菌，香蕉萎凋病原菌和西瓜蔓割病原菌等之生長抑制效果。

上述細菌均係培養於含有 1 %葡萄糖和 1 %消化蛋白之土壤抽出液內備用。培養皿先盛裝土壤抽出液瓊脂培養基（配方同上，另加瓊脂 2 %）10 ml 爲基層，俟凝固後加入 1 ml 細菌溶液，其濃度分別爲 2×10^9 和 2×10^7 細菌數／每 ml 溶液。以手振盪培養皿使細菌溶液均勻散佈在培養基表面，再加入冷却至約 40～45 C° 之 10 ml 培養基覆蓋其上。俟培養基凝固後，於培養皿中央放置直徑 0.5 cm 之供試鐮刀菌不同分化型。培養皿加蓋後以透明膠紙封閉，俾與外界空氣隔絕。置於 27±3°C 無光照之恆溫箱內 8 天，調查鐮刀菌之菌落生長情形，並換算爲生長抑制百分率。本試驗各處理均五重複，反覆試驗 2 次。

利用上述擷抗細菌防治亞麻萎凋病之網室盆栽試驗係在網室進行。試驗期間溫度爲 15～30 °C。亞麻立枯病發病土壤（病原菌密度 2,000 菌落／每克土壤）定量分裝於陶製栽盆（直徑 23 cm 20 cm 高）內。將上述擷抗細菌11菌株連同嫌氣芽孢桿菌（*Clostridium*）菌株 S 7（表 4）等 12 菌株以其最適培養溫度培養 2 天後等量均勻混合加入上述土壤內，調節使每公克土壤含細菌量達 9×10^7。

爲證明上述細菌之擷抗效果與土壤含水量之關係，又分成下述 4 處理：（A）栽盆置於水盤上，使土壤經常維持潮濕，（B）不置於水盤上，（C）病土不接種細菌，及（D）病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時等。播種亞麻（臺中選一號品種），每栽盆 30 粒種子。調查幼苗發生萎凋病百分率至亞麻生長日數達 75 天爲止。並於第 75 天調查土壤內病原菌密度及嫌氣性和兼性嫌氣性細菌之總數目。

加入適量有機質可否影響細菌之擷抗效果爲另一值得探討的問題。本項研究係將病土在加入細菌之前按（A）不加入有機質，（B）加入玉米粉 1 %，（C）加入樹薯渣 1 %等 3 種處理。再分成置於水盤上連續供應水份與不連續供應水份，僅每日澆水上下午各 1 次等兩組比較之。另設病土（CK_1）和病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時（CK_2）等 2 處理爲對照。處理完成後經過 4 星期播種亞麻，連續調查亞麻立枯病發生率達 72 天。

爲進一步測定病土施放各別菌株及不同濃度之細菌混合液對亞麻立枯病之防治效果，病土加入 1 %樹薯渣後接種各供試細菌，接種量均爲 9×10^7 細菌／每克土壤。另接種各種細菌混合液，接種量分三種（A）10^7 細菌／每克土壤，（B）10^5 細菌／每克土壤與（C）10^4 細菌／每克土壤等。以病土（CK_1）及病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時（CK_2）及病土加 1 %樹薯渣（CK_3）等爲對照。上述試驗均將栽盆置於水盤上連續供應水份。處理後經 4 星期再播種亞麻，調查亞麻發生立枯病百分率至第 45 天爲止。上述室內試驗各處理均爲 5 重複，反覆試驗 2 次。

爲進一步證明上述網室盆栽試驗在田間之可行性，特於民國 64 年 12 月至 65 年 3 月在草屯舉辦田間試驗，供試田間土內含有萎凋病病原菌數爲 3,000 菌落／每公克土壤。處理分：（1）整地時施放 12 種細菌（其中一種爲嫌氣芽孢桿菌）混合液，施放濃度 9×10^7 細菌／每 cm^2 土壤，（2）整地時加入樹薯渣（700g/每 m^2 土壤）及施放細菌，（3）整地時加入玉米粉（700 g/每 m^2土壤）及

施放細菌，（4）整地時加入樹薯渣，（5）整地時加入玉米粉及（6）未處理等6種。各處理均3重複。小區面積6 ×1.5 m= 9 m²。

民國64年12月7日處理土壤，處理後灌水一次，並使各種有機添充物充分醱酵21天。於同年12月23日播種亞麻臺中選一號。播種後 1星期調查發芽率並於生育初，中及後期各調查亞麻立枯病發生率1次。

試 驗 結 果

一、亞麻立枯病抑病土壤對各種農作物萎凋病之抑病效果觀察

抑病土壤不但對亞麻萎凋病有抑病效果，並且也可抑制西瓜和香蕉之萎凋病（表1和圖1）之發生。導病土壤接種病原菌5個月後香蕉發病率爲 100% 而抑病土壤爲0%。前者病原菌密度自 3,000增加爲4,200菌落／每克土壤，而抑病土壤則減爲120菌落/每克土壤。前者病原菌增加率達40%，而

表 1. 亞麻萎凋病抑病土壤 (FS-10) 對三種不同農作物萎凋病之抑病效果 [a]

Table 1. Suppressive effect of flax *Fusarium*-suppressive soil to fusarial wilts of three different crops[a]

作物 Crop	土壤情況 Soil condition	導病土壤 Conducive soil 發病率 % wilt	導病土壤 Conducive soil 病原菌密度[b] Pathogen density (colony/ g. soil)	抑病土壤 Suppressive soil 發病率 % wilt	抑病土壤 Suppressive soil 病原菌密度[b] Pathogen density (colony/ g. soil)
香蕉	Pathogen-infested	100	4,200	0	120
	Pathogen-free	0	0	0	0
西瓜	Pathogen-infested	95	3,300	6	400
	Pathogen-free	0	0	0	0
亞麻	Pathogen-infested	97	4,100	3	300
	Pathogen-free	0	0	0	0

a. 表列數字除香蕉爲栽植後5個月之結果外，西瓜和亞麻均爲栽植後2個月之結果。Results of 5 months after planting of banana seedlings and 2 months after planting of watermelon and flax seeds.

b. 處理前土壤內病原菌密度爲3,000菌落每公克土壤。The initial pathogen density : 3,000 colonies/ g. soil.

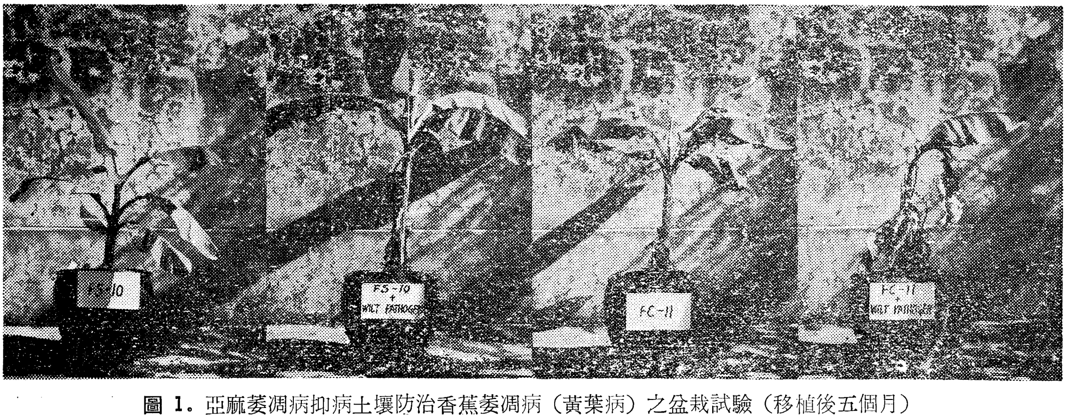


圖 1. 亞麻萎凋病抑病土壤防治香蕉萎凋病（黃葉病）之盆栽試驗（移植後五個月）
FS-10：抑病土壤，FC-11：導病土壤

Fig. 1. Pot experiment on the control of Panama disease of banana with flax Fusarium wilt -suppressive soil. FS-10 : Suppressive soil. FC-11 : Conducive soil.

後者減少25倍。上述土壤種植西瓜和亞麻後之結果，大致與栽植香蕉之情形相似。導病土壤接種病原菌後西瓜發病為95%，亞麻為97%，而抑病土壤則均未發現有病株。西瓜和亞麻種植後發病土壤內病原菌之增加率為10～37%，而抑病土壤內病原菌反而減少7～10倍。

二、病土客入抑病土壤對亞麻立枯病和香蕉萎凋病之防治效果

亞麻立枯病土混入 25% 抑病土壤後對萎凋病效果不彰。處理後1星期播種亞麻時萎凋病發生率仍高達69%，與栽植在 100% 發病土壤之亞麻發病率87% 雖統計上差異顯著(5%)，但並無實用價值。混合後180天播種亞麻時亞麻發病率略降低。抑病土壤和病土按1：1比率混合後7天播種者發病率為53%，而180天後播種者為48%，前者病害降低達34%而後者降低39%。增加抑病土壤之混合比率可增大效果；當25%發病土壤混合75%抑病土壤後7天播種亞麻發病率僅27%，而180天後播種則發病率更降為11%。前者發病率降低60%而後者降低76%。詳細結果請參閱表2及圖2。

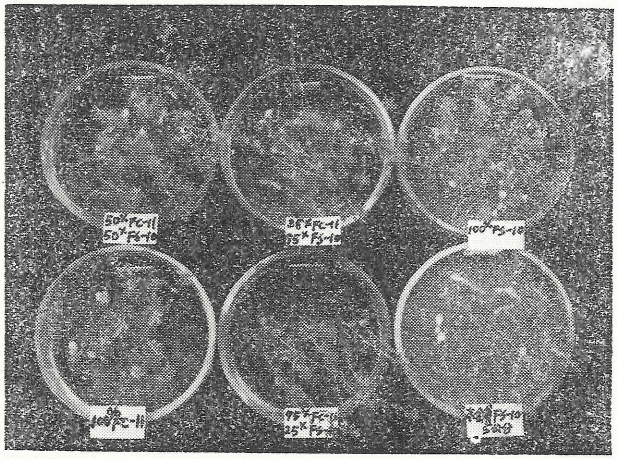


圖 2. 病土 (FC-11) 混合不同比率之抑病土壤 (FS-10) 對亞麻萎凋之防治效果。

Fig. 2. Effect of the introduction of suppressive soil to conducive soil at different rates on controlling flax *Fusarium*-wilt.

表 2. 抑病土壤和發病土壤不同混合比率對亞麻萎凋病之防治效果

Table 2. Effect of the mixtures of suppressive-and sick-soil at various ratio on the control of flax *Fusarium* wilt

處 理 (Treatment)	發病率 (Diseased plant) (%) 7 天 (days)		180 天 (days)	
100% 發病土壤	87	e	87	e
75% 發病土壤混合 25%抑病土壤	69	c d	68	c d
50% 發病土壤混合 50%抑病土壤	53	c	48	c
25% 發病土壤混合 75%抑病土壤	27	b	11	a b
100% 抑病土壤	0	a	0	a
發病土壤上平鋪抑病土壤 5cm 厚	65	c d	63	c d

表列英文字母相同者表示依多變域測定5%不顯著。The same English letters indicates Duncan's multiple range groupings of treatments which do not differ significantly at the 0.05 level.

田間試驗證明將抑病土壤客入病田植穴後會抑制香蕉萎凋病之發生，並降低土壤內病原菌之密度（表3）。客土處理量無論每株 20 或 9kg 均有效，而且土壤內病原菌之密度均明顯減少。客土處理區蕉株周圍之土壤內病原菌密度為 67 菌落/每公克土壤，而未客土之蕉株周圍土壤內病原菌達1,578 菌落/每克土壤，病原菌密度相差達24倍。

表 3. 香蕉黃葉病田客入亞麻抑病土壤對黃葉病之防治效果及處理間土壤內病原菌密度之比較[a]

Table 3. Effect of introduction of suppressive-soil to wilt-sick field on controlling panama disease of banana and the comparison on the pathogen density among treatments[a]

每株蕉苗抑病土壤客土量 Amount of suppressive soil introduced for each seedling	萎凋病發生率（%） % Panama disease	蕉株附近土壤內病原菌密度 Pathogen density in soil at plant site (colony/ g. soil)
20 kg	0	67
9 kg	0	67
無客土 (ck)	85	1,578

a. 客土植蕉後 6 個月之結果。

Results of 6 months after introduction of suppressive soil and transplanting of banana seedling.

三、抑病土壤內兼性嫌氣細菌之類別及其對數種萎凋病鐮刀菌分化型菌絲生長之抑制效果

供試11菌株細菌均爲格蘭氏陽性，俱內生胞子，並產過氧化氫酵素（表 4），故應屬於*Bacillus* spp.。菌株 S 7（*Clostridium* sp.）不產生過氧化氫酵素。供試 11 菌株最適生長溫度互不相同（表 4）。故該11菌株細菌雖同爲 *Bacillus* 屬，可能不同種或同種而不同生理小種。

表 4. 供試 11 菌株嫌氣性細菌之性狀比較

Table 4. Characteristics of eleven tested facultative anaerobic bacteria

細菌菌株代號 Isolate no. of bacterium	格蘭氏染色 Gram test	內生胞子之產生情形 Endospore formation	過氧化氫酵素測定 Catalase test	最適生長溫度（°C） Optimum growth temp.
5 d	+	+	+	10～13
F 17	+	+	+	15～16
F 17a	+	+	+	20～24
F 17b	+	+	+	30～32
F 17d	+	+	+	14～18
F 17f	+	+	+	28～32
F 17g	+	+	+	11～14
F 17h	+	+	+	30～34
S 1a	+	+	+	28～31
S 1b	+	+	+	32～34
S 1c	+	+	+	30～33
S 7 [a]	+	+	−	31～35

a. Known to be an isolate of *Clostridium* sp. (陳等，12)

在一定溫度（27±3°C）下各菌株對不同作物萎凋病鐮刀菌之生長抑制效果互不相同（表 5，圖 3、4、5）。在 9 cm 直徑之培養皿內施放細菌數 2×10^9 比 2×10^7 效果爲佳。在 27±3°C 溫度下以菌株 S 1a, S 1b 和 S 1c 對各種農作物萎凋病鐮刀菌之抑制效果較佳（圖 4）。菌株 S 7（*Clostridium*）在 2×10^9 濃度下對亞麻立枯病菌之生長也有完全抑制之效果（圖 3），其餘各菌株

之抑制效果均較差（圖5）。

表 5. 兼性嫌氣細菌對萎凋病鐮刀菌不同分化型之生長抑制效果

Table 5. Inhibitory effects of various facultative anaerobic bacteria on the hyphal growth of some *Fusarium*-wilt pathogens (27±3°C)

細菌菌株代號 Isolate No. of bacterium	濃度 Concentration (Bacterial No./64 sq. cm)	供試萎凋病鐮刀菌不同分化型及其生長抑制率（%） Tested formae of *Fusarium oxysporum* and % of hyphal growth inhibition			
		lini	lycopersici	cubense	niveum
5 d	2×10^9 2×10^7	15.0 2.5	11.1 7.3	9.6 0	8.7 12.5
F 17	2×10^9 2×10^7	15.1 7.6	11.8 7.2	19.0 2.4	8.7 0.9
F 17a	2×10^9 2×10^7	19.1 12.4	16.5 12.9	23.6 15.3	18.5 16.3
F 17b	2×10^9 2×10^7	15.6 14.7	14.0 0.5	12.5 13.9	15.1 18.9
F 17d	2×10^9 2×10^7	9.7 12.0	11.8 8.7	9.3 12.1	4.4 9.9
F 17f	2×10^9 2×10^7	20.5 10.0	33.5 29.9	15.0 15.0	25.0 12.5
F 17g	2×10^9 2×10^7	8.5 6.5	17.7 4.2	5.9 1.2	5.6 3.6
F 17h	2×10^9 2×10^7	10.0 9.6	14.5 2.2	5.9 0	16.7 1.7
S 1a	2×10^9 2×10^7	55.3 18.8	48.4 30.7	65.1 39.9	68.5 32.0
S 1b	2×10^9 2×10^7	62.4 10.9	58.7 27.1	58.0 23.7	26.6 24.3
S 1c	2×10^9 2×10^7	30.9 9.1	27.6 16.9	62.3 14.4	53.4 18.0

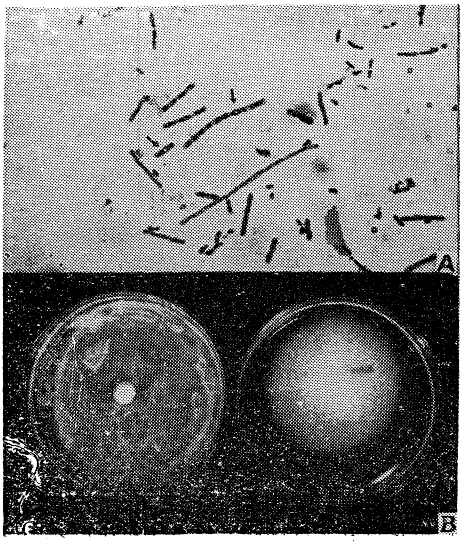


圖 3. A. 嫌氣芽孢桿菌（*Clostridium* sp.）菌株 S7 之形態（箭頭表示內生胞子） B. 其抑制亞麻萎凋病病原菌菌絲生長之情形。

Fig. 3. A. Morphology of *Clostridium* sp. isolate S7 (arrows indicate the endospores) B. its effect on the inhibition of the hyphal growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*.

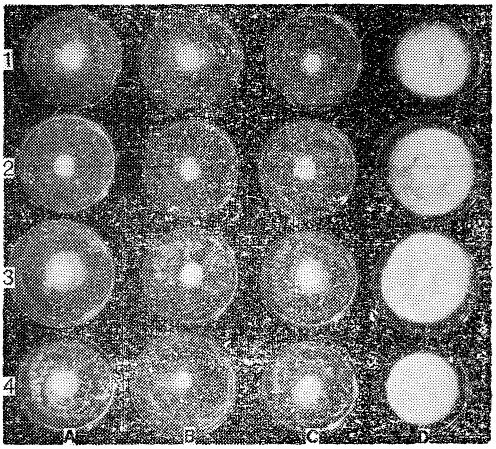


圖 4. 兼性嫌氣細菌（*Bacillus*）三菌株對萎凋病鐮刀菌數種分化型菌絲生長之抑制情形（24～30°C，8天）
A＝菌株 S1a, B＝菌株 S1b, C＝菌株 S1c,
D＝對照無細菌（CK）
1＝*F. oxysporum* f. sp. *niveum*,
2＝*F. oxysporum* f. sp. *cubense*
3＝*F. oxysporum* f. sp. *lini*,
4＝*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Fig. 4. Inhibition of hyphal growth of various formae of *Fusarium oxysporum* by 3 isolates of facultative anaerobic bacteria (*Bacillus* sp.) (24-30°C, 8 days)

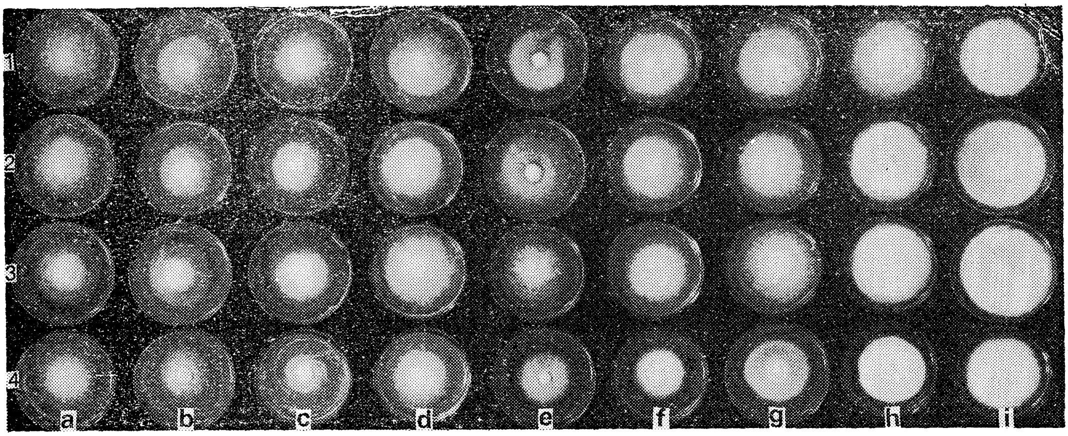


圖 5. 兼性嫌氣細菌（*Bacillus*）八菌株對萎凋病鐮刀菌數種分化型（同圖 4）菌絲生長之抑制情形（24-30°C，8天）。a：isolate F17, b：isolate F17b, c：isolate F17d, d：isolate F17f, e：isolate F17g, f：isolate F17h, g：isolate 5d, i：control

Fig. 5. Inhibition of hyphal growth of various formae (as Figure 4) of *Fusarium oxysporum* by 8 isolates of facultative anaerobic bacteria (*Bacillus* spp.) (24-30°C, 8 days)

四、利用頡抗細菌防治亞麻萎凋病之網室盆培試驗

盆栽試驗證明連續供應土壤水份可增加頡抗細菌之抑病效果（表 6）。於亞麻生長 75 天後，連續供應土壤水份之處理累計萎凋病發生率爲 10.6%，而未連續供應水份之處理發病率爲 23.5%，病害發生因水份而增減達 12.9%。處理細菌後 75 天土壤內病原菌之密度自 2,000 菌落/每克土壤（病土內病原菌密度）急劇減少；連續供水處理爲 146 菌落/每克土壤，不連續供水處理爲 293 菌落/每克土壤。病土因栽植亞麻而增加爲 3,466 菌落/每克土壤。病土不接種細菌或病土經 60°C 蒸氣殺菌處理後均可分離到嫌氣性細菌，其密度爲 1.4～2.5×10^2 細菌/每克土壤，表示嫌氣性細菌普遍存在於土壤內，但這些細菌可能沒有頡抗效果或因數目太少而不足顯現效果。接種細菌後連續供水之細菌密度爲 1.4×10^8 細菌/每公克土壤，比不連續供應水份之 2.2×10^7 細菌/每公克土壤爲多。詳如表 6 和圖 6。

表 6. 土壤供水情形和擷抗細菌抑制亞麻萎凋病之關係

Table 6. Influence of water supply on the suppressive effect of antagonistic bacteria to flax *Fusarium*-wilt (pot test at the temperature range of 19±4°C)

處理 Treatment		萎凋病發生率 (%) % wilt		75天後病原菌密度 Pathogen density after 75 days (colony/ g. soil)	75天後嫌氣性細菌總密度 Anaerobic & aerotolerate bacteria density (cells/ g. soil)
		40 天 (days)	75 天 (days)		
病土接種10菌株細菌混合液並連續供水	(a)	0	10.6	146	1.4×10^8
病土接種10菌株細菌混合液不連續供水	(b)	3.7	23.5	293	2.2×10^7
病土	(c)	90.2	97.9	3,466	1.4×10^2
病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時	(d)	0	0	0	2.5×10^2

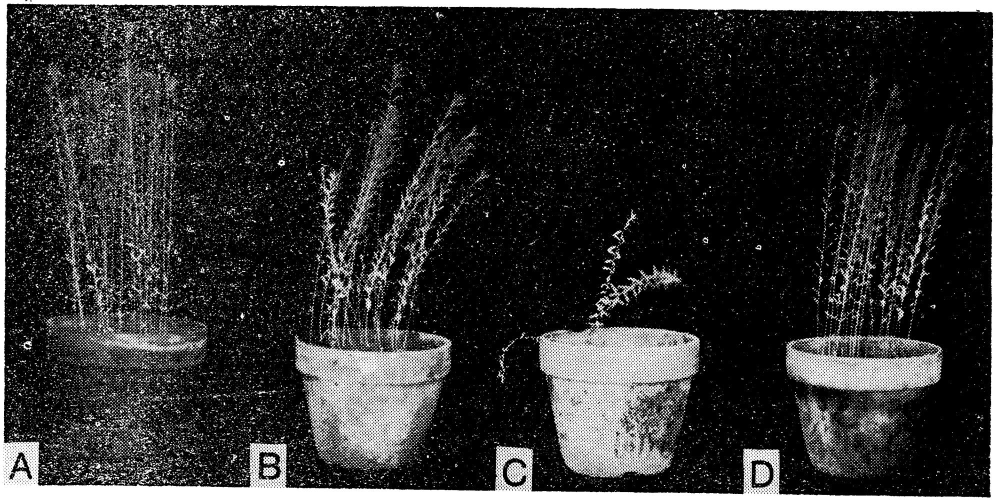


圖 6. 土壤供水情形對擷抗細菌抑制亞麻萎凋病之影響 (15～23°C, 75天) 。A：病土接種多種擷抗細菌後連續供水，B：如同A處理但僅每天澆水二次 ，C：病土，D：病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時 。

Fig. 6. Influence of water supply on the effect of antagonistic bacteria to flax *Fusarium*-wilt. A : sick soil inoculated wtih antagonistic bacteria and continuous water supply. B : same as "A" treatment but only watered twice a day. C : sick soil. D : sick soil steam sterilized at 60°C for 1 hr.

土壤添加有機質會增加擷抗細菌之抑病效果 (表 7 ，圖 7) 。在氣溫 26±4°C 環境下，病土雖然接種擷抗細菌並連續供應水份，但 75 天後亞麻累積發病率仍高達 36.3%，如未連續供應水份則發病率爲 64.9%。土壤添加樹薯渣或玉米粉之處理 75 天後累積發病率分別爲連續供水處理 11.5～14.5 %，未連續供水處理 17.9～39.8% 。添加玉米粉後土壤是否連續供水對抑病效果之影響甚大，但添加樹薯渣則否。另以亞麻之生長日數與發病之關係觀之，亞麻株生長40天後其感病性漸趨安定 (表 7) ，故病害發生率之觀察，應不得少於 40 天。

表 7. 土壤增添有機質對擷抗細菌抑制亞麻萎凋病之影響

Table 7. Influence of organic amendment on the suppressive effect of antagonistic bacteria to flax *Fusarium*-wilt (pot test under temperature range of 19-30°C)

處 理 Treatment	萎凋病發生率（%） % wilt			
	21 天 (days)	40 天 (days)	60 天 (days)	75 天 (days)
病土接種擷抗菌並連續供水（A）	3.8	33.7	35.6	36.3
病土接種擷抗菌不連續供水（a）	11.6	46.2	57.9	64.9
病土添加 1 %玉米粉接種擷抗菌並連續供水（B）	1.4	10.4	10.4	11.5
病土添加 1 %玉米粉接種擷抗菌不連續供水（b）	8.0	36.1	39.9	39.9
病土添加 1 %樹薯渣接種擷抗菌並連續供水（C）	0.9	6.7	10.9	14.5
病土添加 1 %樹薯渣接種擷抗菌不連續供水（c）	5.0	12.8	13.6	17.9
病土（ck_1）	51.9	62.8	69.7	74.6
病土經 60°C 蒸氣殺菌 1 小時（Ck_2）	0	0	0	0

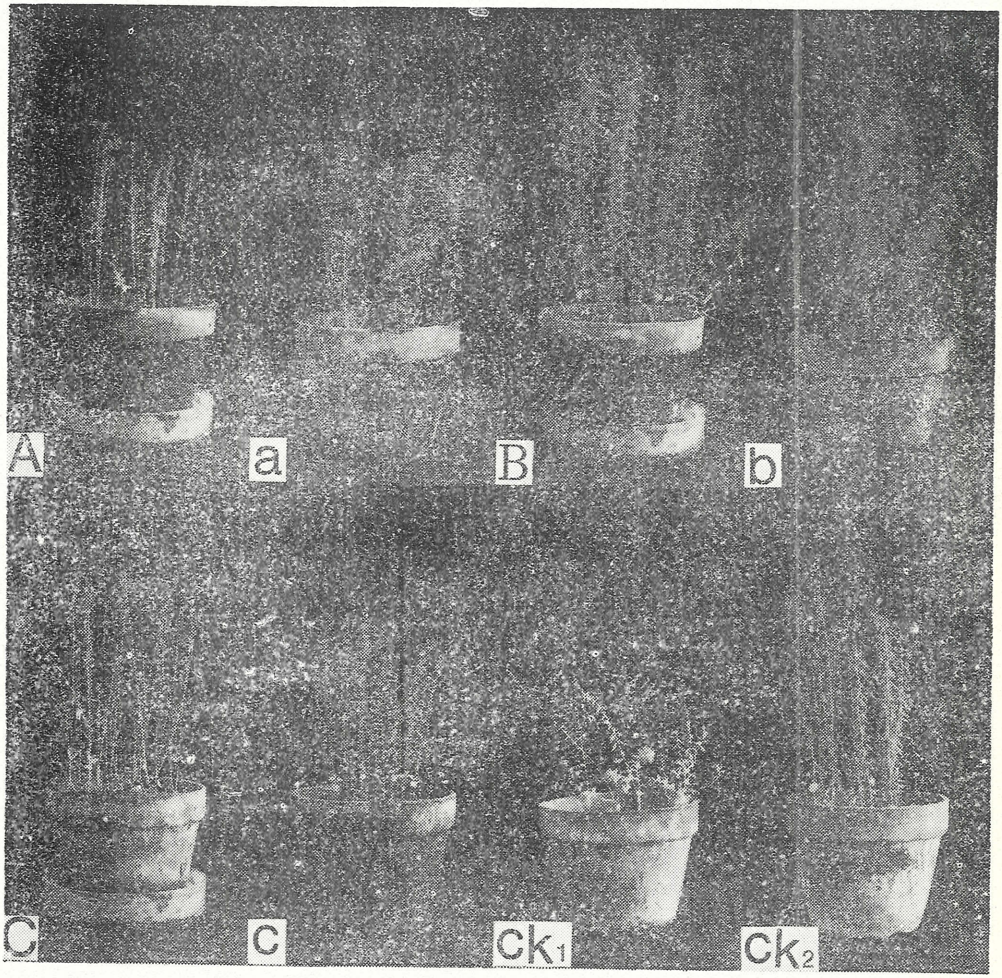


圖 7. 土壤添加有機質對擷抗細菌抑制亞麻萎凋病之影響（19～30°C, 75天）。
A：病土接種擷抗細菌連續供水。a：同"A"處理但僅每天澆水兩次。B：病土加入玉米粉後接種擷抗細菌連續供水。b：同"B"處理但僅每天澆水兩次。C：病土加入樹薯渣後接種擷抗細菌連續供水。c：同"C"處理但僅每天澆水兩次。Ck_1：病土。Ck_2：病土 60°C蒸氣殺菌 1 小時。

Fig. 7. Influence of organic amendment on the suppressive effect of antagonistic bacteria to flax *Fusarium*-wilt (10-30°C, 75 days).
A : sick soil inoculated with antagonistic bacteria, continuous wet. a : same as "A" but only watered twice a day. B : sick soil inoculated with antagonistic bacteria and amended with cornmeal, continuous wet. b : same as "B" but only watered twice a day. C : sick soil inoculated with antagoninic bacteria and amended with casaba residue, continuous wet. c : same as "C" but only watered twice a day. CK1 : sick soil. CK2 : sick soil steam sterilized at 60°C for 1 hr.

進一步試驗結果證明各細菌菌株對亞麻立枯病均有防治效果。尤以菌株 F17b 最有效。而 S1a 防治效果最差。前者發病率僅 3.5% 而後者高達 24%。施用 10 菌株擷抗細菌之混合液可提高防治效果，尤以施用細菌濃度為 10^7／每克土壤時最有效，發病率僅 2.0%。病土添加樹薯渣時發病率為 26.9%，而未加入樹薯渣處理發病率為 59.5 %，表示病土加入樹薯渣後雖不接種擷抗細菌仍然有某種程度之防治效果。詳細結果如表 8 及圖 8。

表 8. 個別擷抗細菌及不同濃度之 10種擷抗細菌混合液對亞麻萎凋病之防治效果

Table 8. Effects of individual antagonistic bacterium and combination of 10 isolates of antagonistic bacteria at different concentrations on the control of flax *Fusarium*-wilt

細菌菌株代號[a] Isolate No. of bacterium[a]	種植 40 天後萎凋病發生率 % wilt at 40 days after planting
Individual bacterium applied at the concentration of 9×10^7 cells/ g. soil	
F17	8.8
F17a	6.3
F17b	3.5
F17d	9.5
F17f	4.0
F17g	8.9
F17h	7.8
5d	9.5
S1a	24.0
S7	12.2
Combination of 10 isolates of antagonistic bacteria applied at various concentration	
10^7cells/ g. soil	2.0
10^5cells/ g. soil	6.0
10^4cells/ g. soil	9.9
CK1 (sick-soil)	59.5
CK (60°C steam sterilized soil)	0
CK3 (sick-soil amended with casaba residue)	26.9

a 細菌係接種於已添加樹薯渣之病土，試驗期間並連續供給水份

Bacteria were applied into casaba residue amended-sick soil with continuous water supply

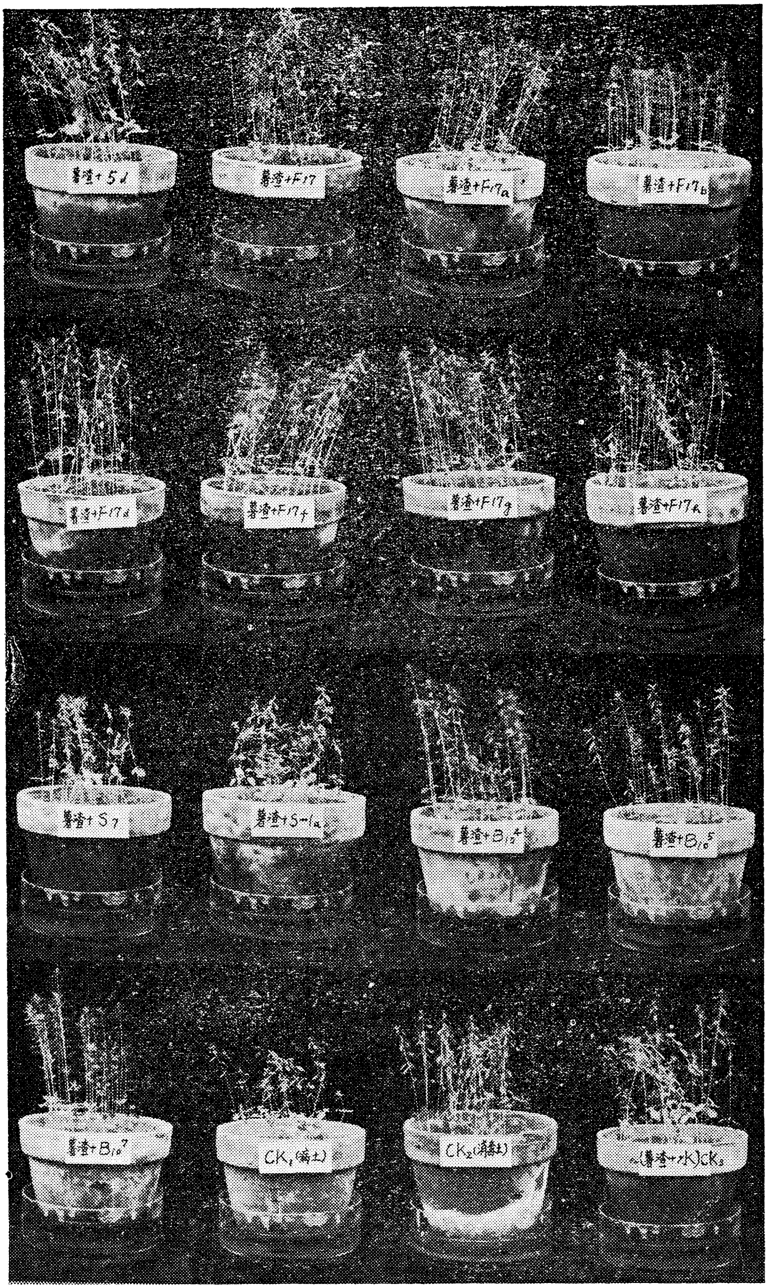


圖 8. 拮抗細菌各別菌株以及多種菌株混合液對亞麻萎凋病之抑病效果（14～22°C，40天）

Fig. 8. Effect of individual isolate (including 5d, F17, F17a, F17b, F17d, F17f, F17g, F17h, S1a, or S7) and mixture of all isolates at different concentrations (10^4, 10^5, 10^7 cells/ g. soil) on the control of flax *Fusaium*-wilt (14-22°C, 40 days) .

五、利用拮抗細菌和有機添充物防治亞麻立枯病之田間試驗

加入樹薯渣和細菌之處理在亞麻生育初期（50 天）發病率為 19%，對照區為 69%，發病率相差達 50%，防治結果至為顯著。至亞麻生育中期(70 天）該處理仍繼續維持顯著之防治效果，發病率為

表 9. 擷抗細菌和施用有機添充物對亞麻萎凋病之田間防治試驗

Table 9. Results of field test on the control of flax *Fusarium*-wilt by application of antagonistic bacteria in combination of organic amendment

處 理 Treatment	發 芽 率 % germination	亞麻萎凋病發生率 (%) % wilt 50 天 (days)	70 天 (days)	90 天 (days)
添加玉米粉並施放細菌	58	49 bc	60 bc	68 a
添加樹薯渣並施放細菌	63	19 a	38 a	59 a
施放細菌	53	44 bc	57 ab	68 a
添加玉米粉	59	58 cd	64 bc	88 ab
添加樹薯渣	61	33 b	51 ab	81 ab
未處理（對照）	64	69 de	79 cd	96 bc

英文小體字母相同表示依 Duncan's 氏多變域測定法測出 5 %不顯著。The same English small letters indicate Duncan's multiple range groupings of treatments which do not differ significantly at the 0.05 level.

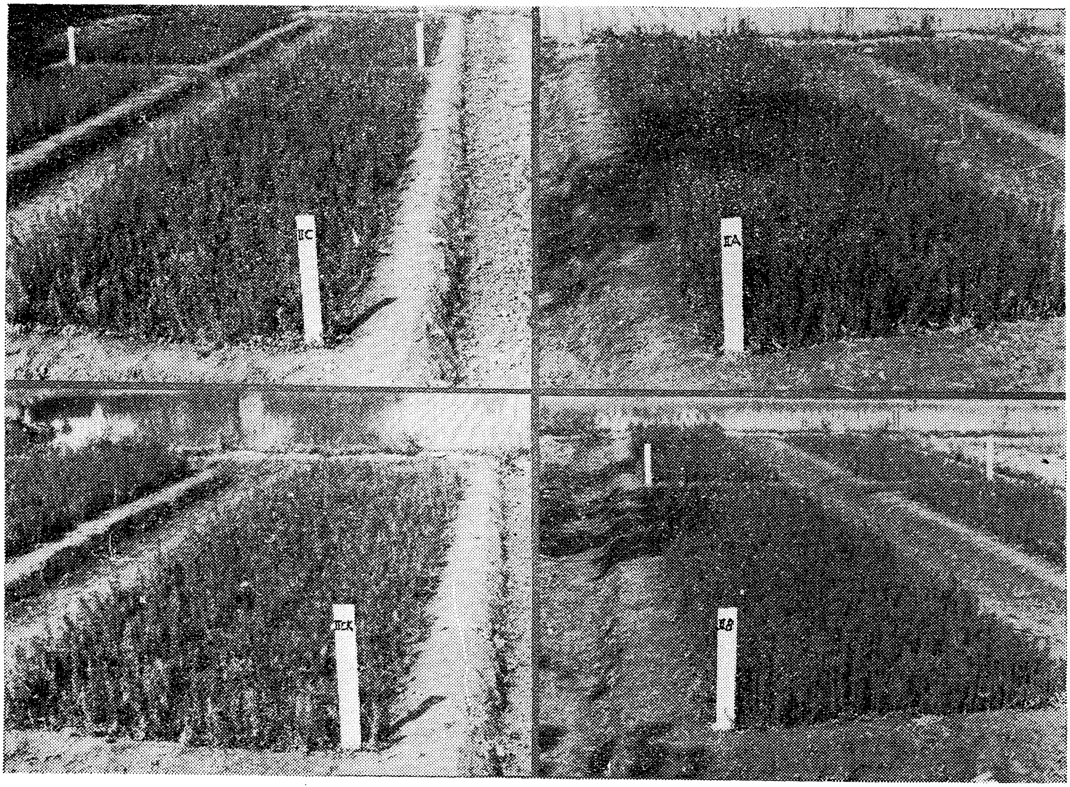


圖 9. 施用擷抗細菌混合液和有機添加物防治亞麻萎凋病之田間試驗（亞麻生長50天）。
A：施放細菌並加入玉米粉爲有機添加物。 B：施放細菌並加入樹薯渣爲有機添加物。C：施放細菌。
CK：對照未處理。

Fig. 9. Field experiment on the control of flax *Fusarium*-wilt by application of antagonistic bacteria and organic amendments (50 days old flax). A : applied with antagonistic bacteria and cornmeal as organic amendment. B : same as "A" treatment but using casaba residue as organic amendment. C : applied with antagonistic bacteria only. CK : control (without treatment).

38%，比對照區減少 41%。至生育中後期（90 天)發病率爲 59%，而對照區發病率已達 96%，防治效果在統計上仍然爲顯著，但因處理區罹病率高於 50%，故無經濟實效。

綜觀田間試驗結果（表 9 、圖 9），病田加入細菌和有機添充物（玉米粉或樹薯渣）或僅加入細菌或僅加入樹薯渣對亞麻生育初中期（70 天以前）之立枯病有防治效果。生育中後期（90 天以後）雖仍然有效，但因發病率高達59～68%，失却實用價值。

討　論

抑制鐮刀菌土壤早在 1922 年 L. Knudson 已有記述[9]，惟至1972年「抑病土壤」一詞才被正式認定並引起植物病理學界之重視[10]。

目前萎凋病抑病土壤可以分成兩類：除發現於一般農田之抑病土壤如 Smith 和 Snyder[7] 所證明者外，另一類是發現在針葉樹林[6]。後者之形成已知和森林土壤之種類、覆著植物種類、植物殘體及其分泌物有關[6]，但前者之形成原因則尚不得而知[10]。陳敏等[3] 已證明抑病土壤內含有較多之嫌氣芽孢桿菌（*Clostridium* sp.），並證明對 *F. oxysporum* 有仰制效果。但在抑病土壤內尙有兼性嫌氣菌或好氣菌之存在則爲不可否認之事實。

本研究採用之11菌株兼性嫌氣細菌均證明爲 *Bacillus* spp.。這些菌株均分離自抑病土壤並且對不同分化型之 *F. oxysporum* 有不同程度的擷抗效果（表 5）。*Bacillus* 和 *Pseudomonas* 曾發現對 *F. oxysporum* f. sp. *cubense* 有溶菌效果[4]，*B. cereus*, *B. megaxerium* 和 *B. subtilis* 等三種細菌亦均被證明對 *F. oxysporum* 有擷抗效果[2]。惟據趙和吳氏[2] 之報告，這些細菌均以產生抗生作用（Antibiosis）爲主，與本研究所得結果略有不同。本研究採用之 *Bacillus* 對 *F. oxysporum* 抑制並不產生透明圈（Clear zone），而却能抑制鐮刀菌菌落之繼續繁衍擴大（圖 3 、4 及 5），鏡檢亦未發現有溶菌（Lysis）現象。故其作用原理以競爭（Competition）和其代謝產物之靜菌（Fungistasis）效果爲主。Smith[7] 發現 *Arthrobacter* 在香蕉黃葉病抑病土壤內特多，其作用如何，尙未盡瞭解。

亞麻立枯病抑病土壤，不但對亞麻立枯病有抑病效果，而且對西瓜蔓割病，香蕉黃葉病均有抑病作用（表 1 、圖 1）。香蕉黃葉病之客土防治並於田間證實（表 3）。此結果顯示鐮刀萎凋病抑病土壤並無專屬性而可將亞麻之試驗結果應用在香蕉黃葉病或其他農作物萎凋病之防治。

雖然抑病土壤之形成原因可能極複雜，但考之分離自抑病土壤之嫌氣芽孢桿菌（*Clostridium*）和兼性嫌氣桿菌（*Bacillus*）對不同分化型萎凋病鐮刀菌有擷抗效果而且抑病作用亦無專屬性之事實，顯示這些擷抗細菌爲造成抑病土壤之一種原因或造成抑病過程之一種生物現象，殆無疑問。

自抑病土壤分離所得之擷抗細菌最適生長範圍互不相同（表 4），在 18±4°C 溫度範圍下單獨各菌株細菌於病土（已含有適量有機質）內，呈現不同程度之擷抗效果，但以各菌株混合後接種土內效果最佳（表 8）。此結果可能因細菌生長適溫互不相同，在溫差較大環境下各菌株之擷抗效果互相彌補而得長期維持擷抗效果使然。

病土接種擷抗細菌或同時加入玉米粉或樹薯渣等有機質並不能完全抑病（表 6 、7）而田間防治試驗之結果亦顯示僅施用後 50 天內對立枯病有較顯著之防治效能，90 天後雖尙有效，但發病率已高達59—68%，顯然已無實用價值（表 9）。由此吾人推測，抑病土壤之形成原因當不止擷抗細菌一項而已。抑病土壤爲何經常維持這些擷抗細菌在高族羣密度，呈現優越抑病效果，而人工接種者則否，以及土內病原菌族羣密度和擷抗細菌族羣密度間之制衡比率等問題尙多，均需繼續研究。

參　考　文　獻

1. Baker, K. F. and R. J. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 433p.

2. Chao, C. C. and M. H. Wu. 1975. Biological control of the causal agents of poor ratoon cane in monoculture field. Rept. Taiwan Sugar Res. Ins. 68 : 43-54.

3. Chen, M. , C. C. Tu and L. H. Jwo. 1976. Effect of Clostridium in the control of flax *Fusarium*-wilt. J. Agri. Res. China 25 : 291-298.

4. Mitchell, R. , and M. Alexander. 1962. Microbiological processes associated with the use of chitin for biological control. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 26 : 556-558.

5. Nash, S. M. and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimation by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. Phytopathology 52 : 567-572.

6. Smith, R. S. Jr. 1967. Decline of *Fusarium oxysporum* in the roots of *Pinus lmbertiana* seedlings transplanted into forest soils. Phytopathology 57 : 1265.

7. Smith, S. N. 1976. Association of *Arthrobacter* with banana wilt Fusaria in suppressive soils. Proc. Amer. Phytopath. Soc. 2 : 79.

8. Smith, S. N. and W. C. Snyder. 1972. Germination of *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soils favorable and unfavorable to wilt. Phytopathology 62 : 273-277.

9. Stover, R. H. 1962. Fusarial wilt(Panama disease)of banana and other *Musa* species. Commonwealth Mycol. Inst. Phytopathol. Paper 4. 117p.

10. Toussoun, T. A. 1975. *Fusarium*-suppressive soils. p. 145-151. *In* G. W. Bruehl. (ed.). Biology and control of soil-borne plant pathogens. Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minn. 216p.

11. Tu, C. C. 1975. Flax *Fusarium* wilt-suppressive soil in Taiwan and the existance of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* in rice root. National Science Council Monthly 3 : 20-36.

12. Tu, C. C. , Y. H. Cheng and M. Chen. 1975. Flax *Fusarium* wilt-suppressive soil in Taiwan. Plant Protect. Bull. 17 : 390-399.

Antagonistic effect of some bacteria from *Fusarium* wilt-suppressive soil and their effect on the control of flax wilt in the field[1]

by C. C. Tu, Y. H. Cheng and Y . C. Chang

Summary

Flax *Fusarium* wilt-suppressive soil was proved to be also suppressive to banana and watermelon wilts. Nine isolates of facultative anaerobic *Bacillus* isolated from this soil were antagonistic to various form species of *F. oxysporum* on petri dish. Excellent disease control of flax wilt was obtained with application of these antagonistic bacteria into the infested soil in pot test. However, the control effect of these antagonistic bacteria lasted for only about 2 months in the field.

1. Contribution No. 845 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

中華農業研究 27(3)：259～266 (1978).

稻屬種間雜交後幼胚及胚乳發育過程之研究[1]

張 德 梅[2]

摘要：利用栽培稻 (*Oryza sativa* L.) 臺中 65 號與野生稻 (*O. officinalis* Wall) 品種雜交之 F_1 爲材料，由授粉後 1～10 日之種子，經固定，脫水，石蠟包埋，作成 10～15μ 之切片，觀察種子之發育過程，並以人工授粉方式，將去雄後的臺中 65 號品種爲母本，再將臺中 65 號之花粉授配，以便採取受精相同時日之種子作爲對照。

水稻經人工授粉後，正常種子之發育縱向比橫向快，授粉後 4 日，縱向發育完全，授粉後 6 日橫向發育完全。雜種 F_1 種子，授粉後 1～4 日，胚及胚乳之發育與正常種子無甚差別，自第 5 日開始胚乳由外向內漸漸變成細長一條，胚部變化較小，第 6 日開始胚及胚乳均已變形，胚乳細胞組織分裂不規則，胚盤異常膨大，第 8～10 日除胚發育成畸形外，胚乳完全退化，胚乳退化可由組織培養得到雜種第一代，而胚之畸形發育，在吸取養分上是一阻礙，因此，在育種時，採取 1～4 日之幼胚培養而獲得雜種 F_1 植株之機會最大。

稻屬 (*Oryza*) 種間雜交，一般認爲是水稻育種方法之一。可先明瞭野生品系的特性，然後行雜交或偏向回交 (intrgression)，將野生稻有用的遺傳因子引入栽培稻內，但又常由於兩親性的不和諧而遭受到阻礙及困難。最近十幾年來，由於組織培養技術之進步，已可由幼胚培養 (embryo culture) 的方法而得到雜種第一代；又以秋水仙鹼引致染色體倍加之發現及回交育種法之應用等，亦可提高育種效率；因此，遠緣雜交之利用，成爲作物育種方法之一。

水稻種間雜交，如同其他多數作物一樣，有高度之雜交不和合性 (cross incompatiability) 與雜種不稔性 (hybrid sterility) 存在。但早在 1935 年，即用栽培稻 (*O. sativa*) 與野生稻 (*O. latifolia* 及 *O. cubensis*) 雜交而獲得成功[1]，從此以後，對於稻屬植物的種間雜交及各個種的染色體組鑑定之研究日益增多[2,3,4,5,6,9]等爲其著者，他們的研究結果，除Li *et al.* (1961) 獲得一個節間雜交 (inter-sectional cross) 組合外[3]，其餘所得的種間雜種均僅限於 Sativa 節者，在稻屬分類表中[7]，其餘三節內的種在雜交試驗中均未獲成功。

一般植物種間雜交不能成功，最常見之現象有下列四類：1.授粉後花粉不能發芽；2.發芽後花粉管不能正常生長；3.授精作用受阻；4.授精後胚及胚乳不能發育成正常的種子。上述四點困難，如果用組織學的方法，找出不能成功的眞正原因，即可設法以人爲的方法克服此種障礙。

本試驗之目的，是利用野生稻 (*O. officinalis*)，此品種是臺灣省農業試驗所自菲律賓國際稻米研究所引進，及栽培稻臺中65號爲材料，將其雜交，利用組織切片法，觀察幼胚及胚乳的發育過程，並與栽培稻自交所得之結果加以比較，期能明瞭種間雜交不成功之眞正原因，以作爲進一步改良稻種之依據。

材料與方法

試驗材料

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 846 號。本研究承臺大陳其昌教授指導；圖片照相承本所植物病理系杜金池主任指導，謹申謝忱。
2. 本所農藝系技佐。

O. sativa L. 即普通栽培稻品種，臺中 65 號。染色體數 2n=24 ，染色體組爲 AA。

O. officinalis Wall ： 亞洲南部原產之多年生野生稻。染色體數 2n=24，染色體組爲 CC。

試驗方法

將栽培稻（臺中 65 號）種子 30 粒，催芽後盆栽，每兩週播種一次，以配合野生稻開花時間而進行雜交。野生稻栽培于田間，以供採取花粉之用。雜交方法採用一般的溫水去雄法，即將栽培稻未張開而成熟的穎花浸于 42°C 溫水中七分鐘，去雄後之母本，剪掉未張開的小花，將野生稻的花粉塗抹於母本之柱頭上，授粉完畢後，記錄日期，以備採取授粉後若干時日之種子。栽培稻之花粉亦授粉於栽培稻母本之柱頭上，記錄日期，以便採取相同時日之種子，以資對照。

材料固定，係採取授粉後 1 ～10 日的種子，經 FAA （50% ethyl alcohol 90 ml, glacial acetic acid 5 ml 及 formalin 5 ml）固定，經 TBA series 脫水，再以石蠟置換包埋，用切片機切成 10～15μ 厚的蠟帶，以 Delafied's hematoxylin method 染色，做成永久切片，以供觀察和照相。

試驗結果

一、種子之發育過程

授粉後 2 ，4 ，6 ，7 ，8 ，9 及 10 日之種子外部形態（圖 1），正常之種子（臺中 65 號×臺中 65）表面光滑，內部飽滿，與自交授粉之種子相同；雜交種子（臺中 65 號×*O. officinalis* Wall） 則在授粉後 4 日，外部形態即有異常之趨向，種子形狀不規則，胚部凸出，尖端彎曲而尖細，甚至種子尖端部分有枯乾之現象。

二、組織切片觀察

（一）胚之發育：

1. 正常胚：水稻花經人工去雄及授粉後，採取授精後不同日數之種子，由切片觀察胚部及胚乳之發育，結果發現授精後之胚，一天比一天增大，到第 10 日已發育完全。以胚部放大（圖 12）可看出，授粉後 5 日之胚，已形成幼根原始體（r），幼芽原始體（pl）；圖 18 爲授粉後 8 日之胚，增加了鞘葉（c），第 1 本葉（IL），胚盤維管束（Sb），根冠（rc），胚軸（T）等。圖 21 爲授粉後 10 日之胚，增加了子葉節而各部器官發育完成。

2. 雜種胚：雜種胚在授粉後 5 日以前與正常胚無甚差別，在授粉後第 6 日（圖 14），雜種胚之細胞已畸形發育，其中胚盤（S）及幼芽原始體（pl）開始變大，授粉後第 8 ～10 日（圖 17；20），胚部各器官全部畸形，以至無法辨認出各部名稱。

（二）胚乳之發育：

1. 正常胚乳：水稻花授粉後谷粒之發育，縱向比橫向發育快，授粉後第 4 日（圖 8），谷粒之長度發育完全，授粉後第 10 日（圖 19），谷粒之寬度及厚度發育完全。胚乳是三倍體，授粉後一日（圖 2），胚乳細胞核開始分裂比胚分裂快，授粉後一天的細胞核都是排在胚囊外圍，授粉後第 3 ～ 5 日（圖 6 ；8 ；10），胚囊內充滿了胚乳細胞，授粉後第 6 日（圖 13），胚乳細胞已經發育完成，水分漸漸減少，澱粉累積充滿整個種子，授粉後第 8 ～10 日（圖 16；19），胚乳發育過程全部完成。

2. 雜種胚乳：前已述及，雜種谷粒之胚，在授粉後第 5 日以前（圖 3 ；5 ；7 ；9 ；12）與正常胚無異，但胚乳變化之時間較胚早 1 ～ 2 日左右，即在授粉後第 4 日（圖 9）之胚乳已漸漸變成一條細長，授粉後第 6 日（圖 14）胚乳細胞不規則，授粉後第 8 ～10 日（圖 17；20）胚乳全部退化，胚之畸異發育而佔滿了整個種子而使種子也變成畸形。

討　論

栽培稻×野生稻（Taichung 65×*O. officinalis* Wall）之雜種 F_1 ，其成功率很高，由於此兩種同屬於 ROSCHEVICZ 之第一節內，雖屬不同的染色體組，但 A×B 及 B×C 均爲可稔的（10），因此很順利的得到所需要的材料 ，由切片觀察結果 ，雜種胚在授粉後 5 日以前與正常胚無甚差別，第 6 日之胚開始發育成畸形，尤其是胚盤（scutellum）顯著增大。胚乳之發育在授粉後第 4 日以前與正常胚乳無甚差別，但第 4 日以後，漸漸開始退化，退化方向由外向內變成細長一條胚乳，至第 8 日胚乳全部退化。

雜種 F_1 之培養，如胚乳退化可由組織培養（胚培養）供給養分，胚之異常發育，在吸收營養方面可能有阻礙，將來可否發育成爲正常植株有待進一步研究。

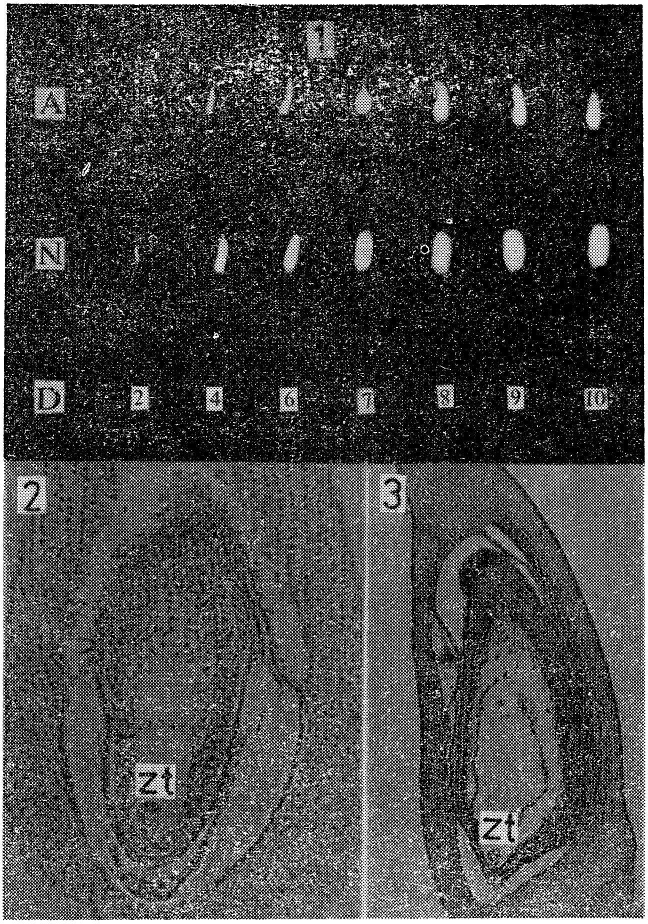


圖 1. 授粉後不同階段自交及雜交水稻種子發育狀況之比較。圖 2. 臺中 65 號×臺中 65 號，授粉後 1 天之卵細胞。圖 3. 臺中 65 號 *O. officinalis* Wall. 授粉後 1 天之卵細胞。 A：臺中 65 號×*O. officinalis* Wall.（Taichung 65×*O. officinalis* Wall），N：臺中 65 號×臺中 65 號（Taichung 65×Taichung 65）D：授粉後日數（Days after pollination），zt：結合子（zygote）.

Fig. 1. Appearance of selfed and crossed rice seeds at different developmental stage. **Fig. 2.** An F_1 zygote of Taichung 65 (*O. sativa L.*) ×TC 65. 1 day after fertilization. 580 x. **Fig. 3.** An F_1 zygote of TC 65×O. *officinalis* Wall. 1 day after fertilization. 155 x.

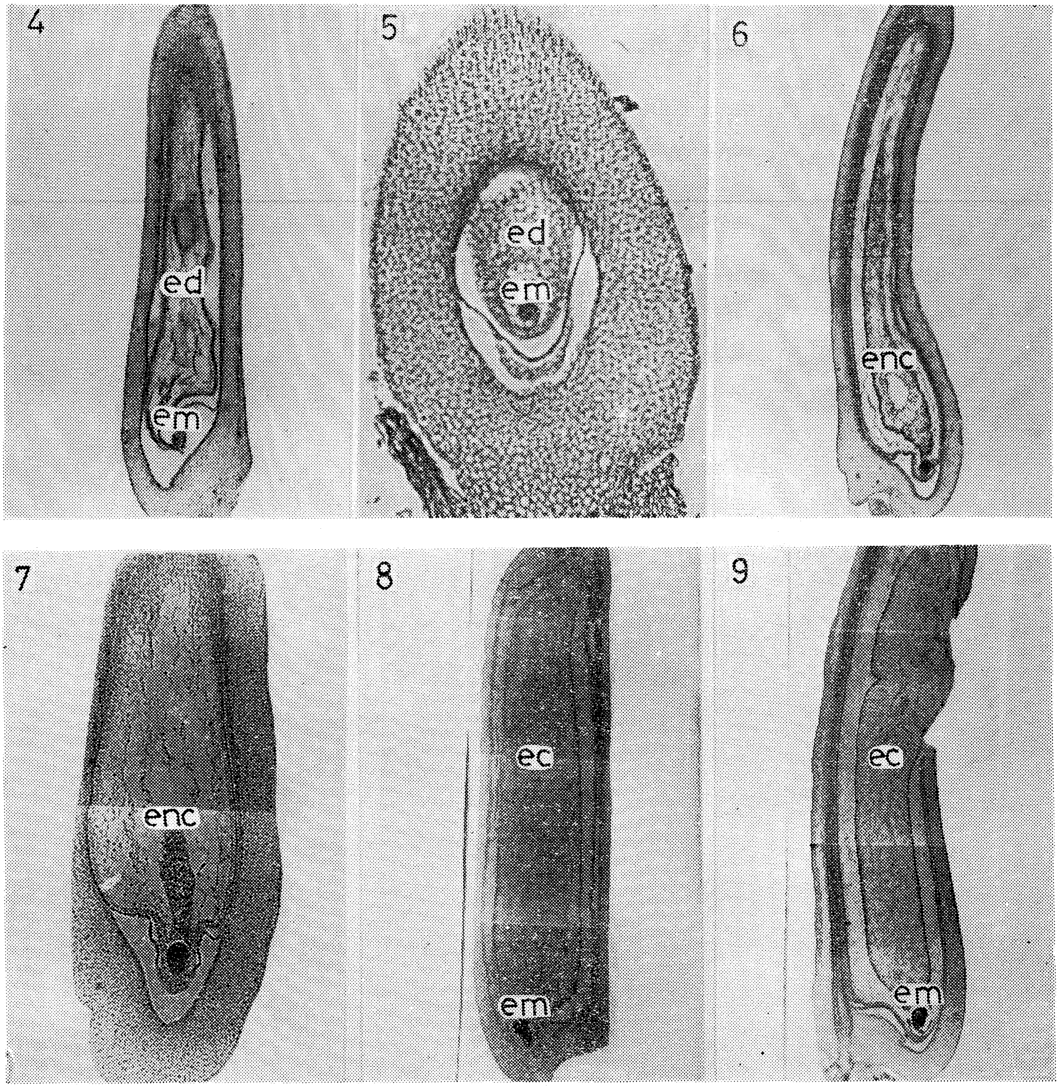
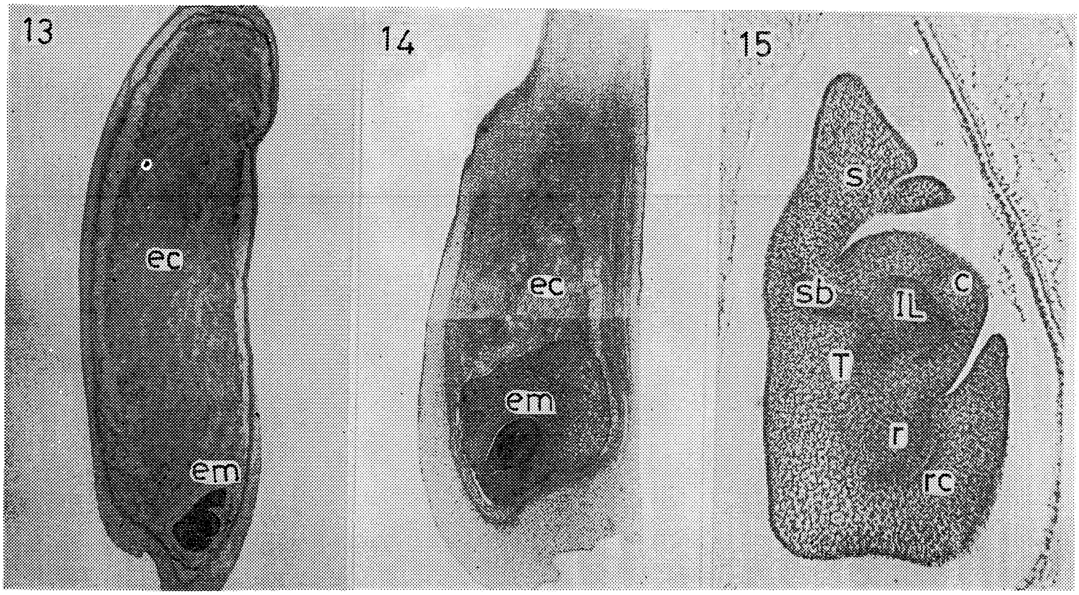


圖 4. 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 **5.** 臺中 65 號×*O. officinalis* Wall, 授粉後 2 天之胚乳細胞。**圖 6.** 臺中 65 號×臺中 65 號及 **圖 7.** 臺中 65 號×*O. officinalis* Wall，授粉後 3 天之胚及胚乳細胞。**圖 8.** 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 **9.** 臺中 65 號×*O. officinatic* Wall, 授粉後 4 天之胚及胚乳細胞。ed：胚乳核 (endosperm nuclei), em：胚 (embryo), enc：胚乳細胞層 (endosperm cells), ec：胚乳細胞組織 (endosperm tissue)。

Fig. 4. F_1 endosperm nuclei and embryo of TC 65×TC 65. 2 days after fertilization. 140 x. **Fig. 5.** F_1 endosperm nuclei and embryo of TC 65×*O. officinalis* Wall. 2 days after fertilization. 610 x. **Fig. 6.** F_1 embryo and endosperm of TC 65. XTC65. 3 days after fertilization. 130 x. **Fig. 7.** F_1 embryo and endosperm of TC 65×0. *off*icinalis Wall. 3 days fertilization. 310 x. **Fig. 8.** F_1 endosperm and embryo of TC 65×TC 65. 4 days after fertilization. 155 x. **Fig. 9.** F_1 endosperm and embryo of TC 65×*O. officinalis* Wall. 4 days after fertilization. 160 x.



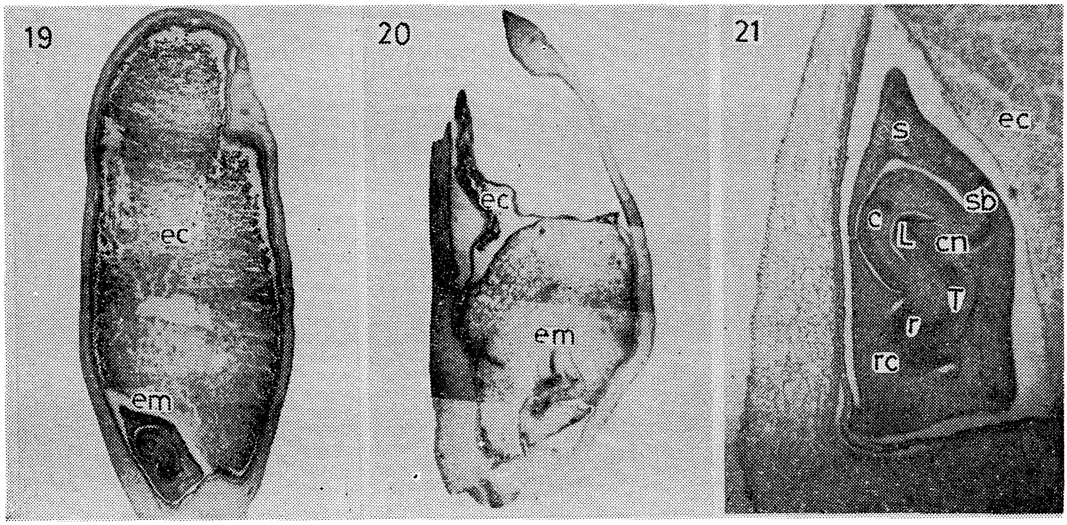
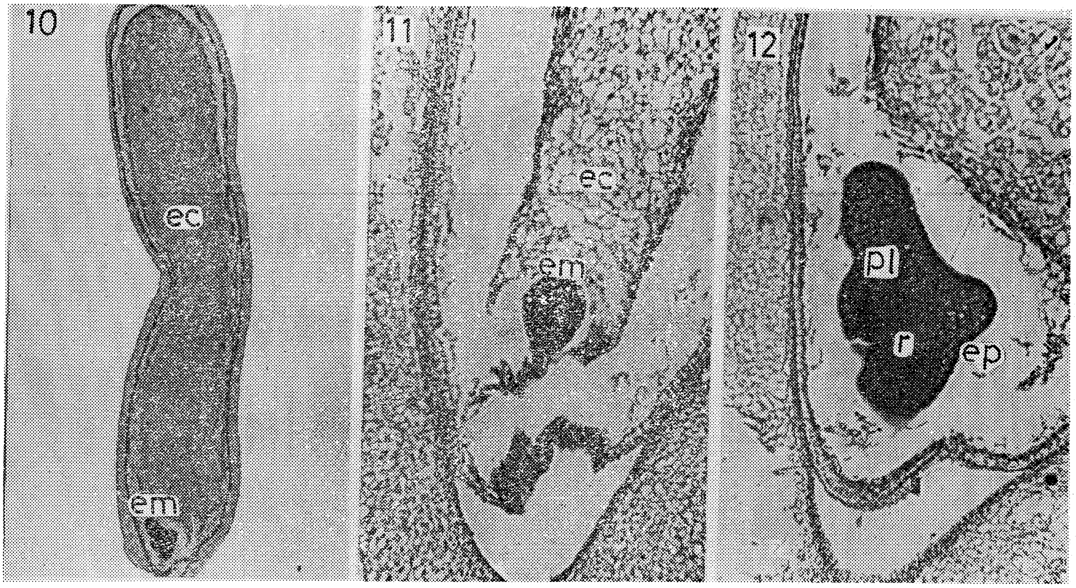


圖 **10.** 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 **11.** 臺中 65 號×*O. officinalis* Wall, 授粉後 5 天之胚及胚乳，圖 **12.** 爲圖 10 之胚部放大。圖 **13.** 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 **14.** 臺中 65 號× *O. officinalis* Wall,，授粉後 6 天之胚及胚乳。圖 **15.** 爲圖 13 之胚部放大。ec：胚乳細胞 (endosperm cells)，em：胚 (embryo)，r：幼根原始體 (primary root)， pl：幼芽原始體 (plumule)， ep 胚盤表皮 (epithelium)，c：鞘葉 (caleoptile)，IL：：第一本葉 (first foliage leaf)，s：：胚盤 (scutellar trace)， sb：胚盤維管束 (scutellar vascular bundle)，rc：根冠 (root cap) T：胚軸 (embryonic axis).

Fig. 10. F_1 endosperm of TC 65×TC 65. 5 days after fertilization. 130 x. **Fig. 11.** F_1 endosperm of TC 65×*O. officinalis* Wall. 5 days after fertilization. 300 x. **Fig. 12.** Enlargement of embryo shown in Fig. 10. 300 x. **Fig. 13.** F_1 endosperm of TC 65×TC 65. 6 days after fertilization. 90 x. **Fig. 14.** F_1 endosperm of TC 63×*O. officinalis* Wall. 6 days after fertilization. 330 x. **Fig. 15.** Enlargement of embryo shown in Fig. 13. 170 x.

訂正：第264頁之圖10—12應置於第263頁圖13—15之上方。
第263頁之圖19—21應置於第264頁圖16—18之下方。



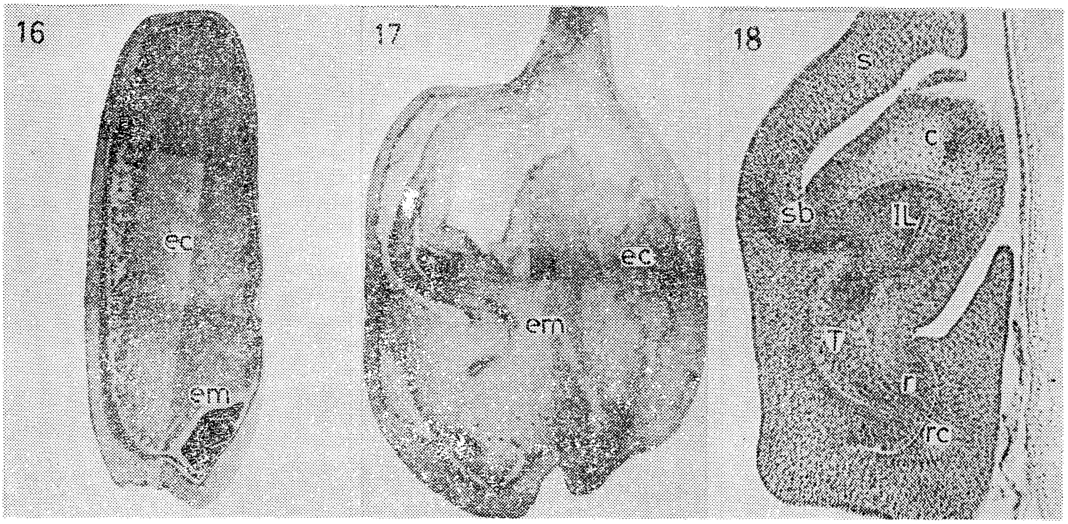


圖 16. 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 17. 臺中 65 號× *O. officinalis* Wall, 授粉後 8 天之胚及胚乳。圖 18. 爲圖 16 之胚部放大。圖 19. 臺中 65 號×臺中 65 號及圖 20. 臺中 65 號 × *O. officinalis* Wall, 授粉後 10 天之胚及胚乳。圖 21. 爲圖 19 之胚部放大。ec：胚乳細胞 (endosperm cells), em：胚 (embryo), c：鞘葉 (coleoptile), IL：第一本葉 (first foliage leaf) s：胚盤 (scutellum) sb：胚盤維管束 (scutellar vascular bundle), rc：根冠 (root cap), T：胚軸(embryonic axis), r：幼根 (primary root). cn：子葉節 (cotyledonary node) L：本葉 (foliage leaf).

Fig. 16. endosperm of TC 65×TC 65. 8 days after fertilization. 75 x. **Fig. 17.** endosperm of TC 65×*O. officinalis* Wall. 8 days after fertilization. 95 x. **Fig. 18.** Enlargement of embryo shown in Fig. 16. 170 x. **Fig. 19.** endosperm of TC 65×TC 65. 10 days after fertilization. 90 x. **Fig. 20.** endosperm of TC 65×*O. officinalis* Wall. 10 days after fertilization. 95 x. **Fig. 21.** Enlargement of embryo shown in Fig. 19. 130 x.

參 考 文 獻

1. Gotoh, K. and E. Okura. 1933. Cytological and genetical studies of *Oryza* Jap. Jour. Genet. 11 : 130-131. (in Japanese) .
2. Kihara, H. 1959. Considerations on the origin of cultivated rice. Seiken Ziho. 10 : 68-83.
3. Li, H. W. , T. S. Weng, C. C. Chen and W. H. Wang. 1931. Cytogenetical studies of *Oryza sativa* L. and its related species. 1. Hybrids *O. paraguaiensis* Wedd. × *O. brachyantha* Chev. *et* Roehr. *O. paraguaiensis* Wedd. ×*O. australiensis* Domin. and *O. australensis* Domin×*O. alta* Swallen. Bot. Bull. Acad. Sinica 2 : 79-85.
4. Morinaga, T. 1943. Cytogenetical studies on *Oryza sativa* L. VI. The cytogenetics of F_1 hybrid of F_1 hybrid of *O.* minuta Presl. and *O. latieolia* Desv. Jap. Jour. Bot. 12 : 345-357.
5. Morinaga, T. and H. Kuriyama. 1960. Interspecific crosses of rice species and their geome constitution Agr. & Hort. 35 : 1-15. (in Japanese) .
6. Richharia, H. R. 1960. Origin of cultivated rices. Ind. Jour. Genet. & Pl. Breed. 20 : 1-14.
7. Roschevicz, R. J. 1931. A contribution to the knowledge of rice. Bull. Appl. Bot. Genet. and Plant-Breed. 27 : 3-133.
8. Yeh, B. P. S. and M. T. Henderson. 1960. Cytological studies of rice. Proc. Rice Tech. Working Group. 9-10.
9. Yeh, B. P. S. and M. T. Henderson. 1961. Crop Science 1 : 445-450.
10. 胡兆華•1963•稻遺傳學及細胞遺傳學之研究近況•科學農業 11(7、8):179～190。
11. 胡兆華•1963•稻及其近緣植物•科學農業 11(4)：69～94。

Studies on embryo and endosperm development [1] following interspecific crosses in rice

by Te-mei Chang

Summary

Rice cultivar Taichung 65 (*Oryza sativa* L.) was crossed with *O. officiualis* Wall, a wild rice for observing the development of F_1 seeds. The F_1 seeds were sampled between 1 to 10 day after pollination, fixed, paraffin-sectioned (thickness 10-15μ) and examined. Cultivar Taichung 65 was also selfed by pollination and seed development was investigated similarly as comparison.

The normal rice caryopsis developed much faster in the longitudinal then in the transverse axis. It attained full length 4 days and full width 6 days after pollination. F_1 seeds obtained from the cross *O. sativa* and *O. officinalis* showed similar development in embryo and endosperm till 4 days after pollination. However, starting from the 5th day, its endosperm started to degenerate from the peripheral layer. Both embryo and endosperm deformed at the 6th day. There were irregular cell division of endosperm tissue and abnormal enlargement of scutellum. Between 8 and 10 days after pollination, the endosperm was totally degenerated and the embryo showed signifinant deformity.

It is possible to obtain healthly F_1 plants by embryo culture if the degeneration of hybrid endosperm is the main problem of crosses between cultivated and wild rices. The deformity of embryo might also affect the normal uptake of nutrient from endosperm. It is suggested that culturing young embryo 1 to 4 day after pollination would provide maximum possibility in obtaining F_1 plants of interspecific crosses in rice.

1. Contribution No. 846 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

中華農業研究 27(3):267～290 (1978).

水稻細胞質雄不稔性之一些性質[1]

成游貴　　黃眞生[2]

摘要：爲明瞭稻細胞質雄不稔性之性質，以具有 Chinsurah Boro Ⅱ 細胞質雄不稔性之臺農 61 號、臺中 65 號、臺南 5 號、新竹矮脚尖、IR-579-48-1-2；新竹矮脚尖×臺南 5 號之 F_1 以及其各親本等諸品種爲材料，進行本試驗，所得結果概述如下：

1.花粉母細胞減數分裂之觀察結果，親本、細胞質雄不稔系統及 F_1 等並無明顯之染色體異常發生（僅約 0～2％之單價，四價，染色體橋及 13：11 之分離比出現），證實染色體之變異與不稔性無關。

2.細胞質雄不稔個體，除 TNG 61 MS, TC 65 MSI 及 IR-597-48-1-2 MS 在 30/25°C 日夜溫下成部份稔實外，其餘各系統不論溫度如何，均僅有甚低的花粉率和結實率。此外套袋可便結實率降低，如 IGG (10%)，TC 65 (7%)，TNG 61 MS (15%)，及 IR-579-48-1-2 MS (10%)。

3.在人工氣候室 20/15°C 日夜溫下，第一期作所有供試品種，其花粉率與結實率皆很低，幾乎爲零（約 0～5％），30/25 較 25/20°C 者產生較高之花粉率與結實率，二者平均花粉率之差異依次爲 10～16％(親本)，12%(TNG 61 MS), 0%(TC 65 MS)。平均結實率之差異爲 20％ (TNG 61 MS), 3% (TC 65 MS)。30/25 及 25/30°C 之溫度對第二期作之花粉率和結實率的影響與一期作相似。

4.在 30/25 與 25/20°C 日夜溫下，親本與細胞質雄不稔系統，或親本與 F_1 之花粉囊胞子原層並無明顯異常發現，故胞子原層的異常與細胞質雄不稔性並無密切關係。在 20/15°C 下之胞子原層除 TC 65 MS 外，則有種種異常發生，如胞子原層之肥腫，類似原形質漿物質之產生，胞子原層之不完整性與不正常之花粉等。胞子原層異常發生之頻度在小胞子第一收縮期爲 26.3%(TNG 61)，20.65％(F_1)，，其餘供試品種則爲零。在第二收縮期爲 41.48％ (TNG 61)，25.25％ (TNG 61 MS)，25.68％ (TC 65) 及 31.47% (TN 5)，故冷溫之感受期可能從小胞子第一收縮期至第二收縮期。

5.柱頭發芽試驗之結果，無論親本或細胞質雄不稔個體其花粉粒皆能在其本身之柱頭上發芽。親本發芽率，TNG 61 有 20.8%，TC 65 有25.5%，TN5 有 24%，均較細胞質雄不稔的 TNG 61 MS (0～12.6%)，TC 65 MS (0～13%) 及 TN 5 MS (12.8～24%) 爲高。發芽率與花粉率，發芽率與結實率，花粉率與結實率間之相關係數各爲 0.72、0.74 和 0.95。

6. Ethrel (2-chloroethylphosphonic acid) 處理之結果，噴施 4,000 及 3,000 ppm 間之效果無明顯差異，而以在 booting 和 late booting 兩個時期降低結實率之效果較好，親本結實率約降低 20～30％，而細胞質雄不稔個體則幾乎可達100%不稔之程度。但 Ethrel 處理附帶引起一些不良影響，如每穗花數之減少，株高之降低等。

7.由熱處理之結果，不論濕潤種子之熱水處理或乾燥種子之乾熱處理，細胞質雄不稔個體之花粉率與結實率皆無提高之趨勢，故水稻細胞質雄不稔性物質不能經由熱處理而使去活化。再者，葉蟬傳遞試驗結果，除 TNG 61 有一株之結實率有下降之趨勢外(約 25～95% 之間)，其餘各品種皆無變化，故不稔性物質似乎不適於應用葉蟬來傳遞。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 847 號。本文曾受行政院國家科學委員會獎助，謹此誌謝。

2. 國立臺灣大學研究生，本所農藝系技正。

本省水稻育種之慣用法，近年來成效已感不足，且已接近飽和狀態。為突破此種狀態，利用雜交種水稻之雜種優勢，將成增產之新途徑。1966 年 Shinjyo [39] 以 Chinsurah Boro II 和臺中 65 號為親本做正反交配，然後兩種 F_1 分別與兩親做正反回交及一系列的回交，首次證明栽培稻內確實有細胞質雄不稔與稔性恢復因子存在。水稻經濟雜交種子之生產，有賴於細胞質雄不稔性和稔性恢復基因之利用，以及如何能在雄不稔的植株上得到更多的雜交種子。目前有關水稻細胞質雄不稔性之性質、發生機構、稔性恢復基因座之位置及其表現的型態等，所知不多。由於純粹之細胞質雄不稔系統得之不易，而不適當之恢復系統亦常帶有不利之遺傳基因，因此欲得細胞質雄不稔與其稔性恢復系統，每每須經由多次回交，又由於回交過程所獲種子量不多，而不稔性與稔性恢復系統又往往對環境因子如溫度、季節等成不穩定之狀態 [6,20]，均足以影響雜交種子之生產及其產量。故另一方面，以尋求誘導不稔性與稔性之物質，個別的施用於正常之系統，可能將是一捷徑。Frankel 等 [12,13,16] 提出不稔性與毒素類似物有關，彼等以嫁接方式將雄不稔性轉移至正常植株並以熱處理種子來恢復其稔性。有些學者 [29,30,31] 以 Ethrel (2-chloroethylphosphonic acid) 來誘導雄不稔性之產生，可迅速提供所需之材料並不須借助於稔性恢復因子。

材料與方法

本試驗以具有 Chinsurah Boro II 細胞質雄不稔性之臺農61號、臺中65號、臺南 5 號、新竹矮脚尖、 IR-579-4 81-2 (L2) 及新竹矮脚尖×臺南 5 號之 F_1 及其各親本等品種為材料，進行下列各項試驗：

一、於人工氣候室，不同日夜溫度下 (35/25, 25/20, 20/15°C) 比較各品種對溫度之反應，包括花粉母細胞減數分裂時染色體之行為、花藥胞子原層 (tapetumn) 發育過程之變化情形、不同穗及同穗不同位置小花之花粉率及結實率等，以探究不稔性是否與染色體、 tapetumn 有關，又是否受溫度影響，其程度如何等。

二、以柱頭上之花粉發芽實驗，來探討細胞質不稔性之花粉是否在本身之柱頭上有發芽能力，並比較其花粉率與結實率。

三、以不同濃度之 Ethrel 處理水稻四個生育期 (Pre-booting、booting、late booting 、heading) ，以探討其對細胞質雄不稔與正常水稻結實之影響。

四、以葉蟬(*Nephotettix cincticeps, N. nigropictus*)為媒介，探討雄不稔物質能否經由其傳遞於正常水稻，並以乾熱 70°C、濕熱 60°C 處理不稔性種子，查驗此種不稔性是否可以經由熱處理而恢復其稔性。

結果與討論

一、花粉母細胞減數分裂時染色體觀察

依據表 1 a, b, TNG 61 MS、TN 5 MS 及 F_1 有少數細胞(1～2%)具有單價 (univalent)、四價 (quadrivalent) 、 染色體橋 (anaphase bridge) 及 13：11 之分離比。這些異常現象親本亦有之，且在細胞質雄不稔系統與 F_1 之發生頻度並不比親本高，故染色體之異常可能不是產生雄不稔之直接原因，此與 Shinjyo [40] 、Chu [5] 所報告者相吻合。

F_1 雜種不稔問題， stebbin [44] 謂可能是單元不稔性 (haplonic sterility) ，即可能係基因的相互作用或微小的染色體構造變化所引起者，亦即所謂之隱秘構造變化(cryptic structural change)。此種變化不易與基因之差異辨別，其分離如同遺傳基因，並顯示出連續關係。Oka [27] 以胚發育基因 (gametic-development genes) 與重複稔性基因 (duplicate-fertility genes) 來解釋 F_1、F_2、F_3 等不稔之原因。Henderson等 [14,36] 則以逆位及轉座來說明。

表 1. 人工氣候室 (25/20, 30/25°C) 一期作水稻花粉母細胞減數分裂時染色體之配對與分離。

Table 1. Chromosome pairing and distribution at meiosis of the PMCs derived from the first season rice crops planted in the phytotron (25/20, 30/25°. C)

a：移叉期與第一中期染色體之配對。At diakinesis and metaphase-I.

品 種 Entry	配 對 型 Pairing type		
	12 II	11 II+2 I	10 II+IV
TNG 61	195 (97.98)	2 (1.01)	2 (1.01)
TNG 61 MS	261 (98.12)	1 (0.38)	4 (1.50)
TC 65	213 (99.53)		1 (0.47)
TC 65 MS	275 (98.56)	1 (0.36)	3 (1.08)
TN 5	222 (100)		
TN 5 MS	270 (99.26)	1 (0.37)	1 (0.37)
IGG	162 (100)		
IGG×TN 5 (F1)	316 (98.75)		4 (1.25)

b：第一後期染色體之分配 At anaphase-I.

品 種 Entry	分 配 型 Distribution type		
	12 : 12	13 : 11	1-bridge
TNG 61	84 (97.67)		3 (2.33)
TNG 61 MS	126 (99.21)		1 (0.79)
TC 65	131 (100)		
TC 65 MS	83 (100)		
TN 5	93 (100)		
TN 5 MS	97 (97.98)		2 (2.02)
IGG	86 (100)		
IGG×TN 5	107 (97.27)	2 (1.82)	1 (0.91)

表 2. 在人工氣候室三種不同日／夜溫的水稻花粉率與結實率之頻度分布（1974-1）

Table 2. The frequency distribution of pollen and spikelet fertilities derived from the frst season rice crops planted in the phytotrion at three different day/night temperatures (20/15, 25/20, 30/25°C).

a：花粉率 Pollen fertility.

品種 Entry	溫度 Temp. °C	正常花粉率(%) Percentage of normal pollen fertility											計 Total	平均 Mean (%)
		0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95		
TNG 61	30/25									1	5	4	10	92.4
	25/20								1	5	4		10	82.7
	20/15	7	3										10	3.7
TNG 61 MS	30/25	2	5	3									10	12.5
	25/20	10											10	0.2
	20/15	10											10	0.0
TC 65	30/25								1	1	5	3	10	89.1
	25/20								2	5	3		10	80.9
	20/15	7	3										10	3.9
TC 65 MS	30/25	8	2										10	2 9
	25/20	10											10	2.6
	20/15	10											10	0.0
TN 5	30/25									1	2	7	10	94.3
	25/20									3	6	1	10	87.8
	20/15	10											10	1.5
IGG	30/25											10	10	97.4
	25/20								3	4	3		10	81.9
	20/15	1	3	2	2			2					10	23.7
IGG×TN5	30/25			5	5								10	24.4
	25/20		7	3									10	14.1
	20/15	7	3										10	3.6

b：結實率 Spikelet fertiiity

品種 Entry	溫度 Temp. °C	結實率(%) Percentage of Spikelet Fertility											計 Total	平均 Mean (%)
		0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95		
TNG61	30/25 B*										1	6	7	97.4
	N**											7	7	98.9
	25/20 B										5	2	7	93.0
	N										2	7	9	95.8
	20/15 B	6											6	0.0
	N	7											7	0.0
TNG61MS	30/25 B	7	1	8	3	1							20	13.2
	N	3	4		1	5	3	1					17	28.1
	25/20 B	17											17	0.2
	N	19	1										20	1.1
	20/15 B	15											15	0.0
	N	19											19	0.0

TC 65	30/25 B										2	6	8	97.6
	N											8	8	99.7
	25/20 B									1	3	1	5	91.4
	N											6	6	98.3
	20/15 B	1		2						1			4	31.0
	N	5											5	0.0
TC 65 MS	30/25 B	21											21	0.4
	N	17	4										21	3.0
	25/20 B	11	5	1									17	5.2
	N	9	11										20	5.0
	20/15 B	17											17	0.0
	N	16											16	0.0
TN 5	30/25 B										1	4	5	94.8
	N											5	5	98.0
	25/20 B										1	5	6	97.0
	N										1	6	7	97.2
	20/15 B	5											5	0.0
	N	6		1									7	2.3
IGG	30/25 B									2	7		9	86.3
	N									2	10		12	88.7
	25/20 B							4	2				6	64.5
	N							3	1	2			6	66.3
	20/15 B	3	1	1									5	6.6
	N		1		2	3		1					7	36.4
IGG×TN 5	30/25 B							4	12	4			20	70.4
	N			1				4	11	5			21	67.5
	25/20 B				1	6	13	4					24	47.4
	N				3	4	13	4					24	48.2
	20/15 B	20											20	0.1
	N	18	3										21	1.6

* B : Bagged　　** N : Unbagged

表 3. 在人工氣候室二種不同日／夜溫度 (25/20, 30/25°C) 的水稻花粉率變方分析表 (1974-I)

Table 3. Analysis of variance of pollen fertility derived from the first season rice crops planted in the phytotron at two different day/night temperatures (25/20, 30/25°C).

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squres)						
		TNG 61	TNG MS	TC 65	TC65MS	TN 5	IGG	IGG×TN5
Block (B)	1	1.57	24.49	149.86	83.17*	2.36	0.04	34.77
Location (L) *a*	2	105.92	24.29	156.54	10.40	13.63	24.44	15.89
Tiller (S)	2	81.76	4.69	162.52	84.27**	42.06	107.43	42.38
LS	4	49.19	9.14	52.86	5.48	13.34	21.46	17.45
Temp. (T)	1	1,066.02**	3,238.94**	637.14**	4.66	368.45**	1,808.38**	462.54**
LT	2	19.97	20.17	8.57	0.23	14.31	28.31	8.85
ST	2	56.05	10.75	61.85	32.19	48.35	72.06	55.39
SSE	21	44.54	26.79	69.93	12.27	30.45	25.90	15.98
Total	35							

a. Position of florets on a panicle

表 4. 在人工氣候室二種不同日／夜溫度 (25/20, 30/25°C) 的水稻結實率變方分析表

Table 4. Analysis of variance of spikelet fertility derived from the first season rice crops planted in the phytotron at two different day/night temperatures (25/20, 30/25°C).

a：親本 Parents

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squres)			
		TNG 61	TC 65	TN 5	IGG
Bagged (R)	1	28.68	161.04*	0.46	18.77
Tiller (S)	2	15.52	5.03	21.01	23.41
RS	2	0.16	13.76	16.36	8.68
Temp. (T)	1	68.12	156.10*	2.25	712.87**
RT	1	0.48	11.92	14.61	1.02
ST	2	13.01	37.01	13.40	1.85
SSE	2	5.31	3.23	17.77	6.95
Total	11				

b：細胞質雄不稔及雜交第一代 Cytoplasmic male sterile plants and inter-subspecific hybrid.

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squres)		
		TNG 61 MS	TC 65 MS	IGG×TN 5
Block (B)	2	205.43	45.05	19.03
Bagged (R)	1	345.34	244.77*	0.03
Tiller (S)	2	20.10	25.56	8.71
RS	2	8.89	ε8.58	9.54
Temp. (T)	1	5.159.07**	323.10*	1,309.96**
RT	1	240.87	9.03	7.46
ST	2	10.97	38.58	4.95
SSE	24	113.83	37.15	9.31
Total	35			

表 5. 在人工氣候室二種不同日／夜溫度 (25/20, 30/25°C) 的水稻花粉率及結實率之頻度分布 (1974-II) .

Table 5. The frequency distribution of pollen and spikelet fertilities derived from the second season rice crops planted in the phytotron at two different day/night temperatures (25/20, 30/25°C) .

a：花粉率 Pollen fertility

品種 Entry	溫度 Temp. °C	正常花粉率 (%) Percentage of normal polen fertility											計 Total	平均 Mean (%)
		0	5	15	52	35	45	55	65	75	85	95		
ITNG 61	30/25										3		3	92.4
	25/20									1	2		3	83.7
TNG 61 MS	30/25	3											3	0.8
	25/20	3											3	0.6
TC 65	30/25									1	1	1	3	91.1
	25/20									1	2		3	85.5
TC 65 MS1	30/25	3											3	0.0
	25/20	3											3	0.0
TC 65 MS2	30/25	3											3	2.6
	25/20	3											3	0.3
TN 5	30/25										1	2	3	96.5
	25/20										3		3	88.9
TN 5 MS	30/25		3										3	7.0
	25/20	3											3	3.4
IGG	30/25											3	3	97.7
	25/20										3		3	87.7
IGGMS	30/25		2	1									3	13.4
	25/20		2	1									3	10.4
L 2	30/25												3	88.9
	25/20			1	1	1					3		3	29.6
L 2 MS	30/25		3										3	10.1
	25	2	1										3	5.2

b：結實率 Spikelet fertility

品種 Entry	溫度 Temp. °C	結實率 (%) Percentage of Spikelet Fertility											計 Total	平均 Mean (%)
		0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95		
TNG61	30/25 B*										2	1	3	93.1
	N**									1	1	1	3	87.3
	25/20 B									2	3		5	85.8
	N								1	1	1		3	82.1

TNG 61 MS	30/25	B	13											13	2.2
		N	8	6	1									15	5.3
	25/30	B	13											13	0.1
		N	13											13	0.0
TC 65	30/25	B										3	2	5	92.8
		N										5	1	6	91.9
	25/20	B					1		2	1		1		5	66.0
		N							1		4	3		8	81.8
TC 65 MS1	30/25	B	7					1	1			1		10	22.0
		N	9						1		1			11	13.2
	25/20	B	11									1		12	7.3
		N	14									1		15	6.3
TC 65 MS2	30/25	B	6											6	0.5
		N	8											8	0.0
	25/20	B	12											12	0.0
		N	12											12	0.0
TN 5	30/25	B							1		1	2	1	5	85.0
		N										4	2	6	92.9
	25/20	B								1	3	2		6	82.5
		N										2	2	4	90.7
TN 5 MS	30/25	B	9	5										14	4.7
		N	9	3										12	3.5
	25/20	B	12											12	0.0
		N	12											12	0.0
IGG	30/25	B						1	4	3	3			11	67.2
		N							1	2	2	4		9	79.9
	25/20	B			2	3	4							9	31.6
		N			2	3	2	2						9	33.2
IGGMS	30/25	B	13												0.5
		N	13	1											1.4
	25/20	B	14												0.0
		N	14												0.1
L 2	30/25	B								1	1	2	1	5	5.0
		N									4	11	4	19	90.5
	25/20	B				4	2		4					10	44.8
		N			2		1	4	3	2				12	51.3
L 2 MS	30/25	B	17	18	2	2								39	7.7
		N	6	18	17	7	2							50	17.9
	25/20	B	27											27	0.1
		N	25	1										26	0.8

* B : Bagged　　** N : Unbagged

二、人工氣候室一期作花粉率與結實率

(一) 依花粉率頻度表（表 2 a），在 20/15°C 下除 IGG 外所有供試品種之平均花粉率皆低 (0～3%)。在 30/25°C 下所有供試品種之平均花粉率則較 25/20, 20/25°C 者高。若以 30/25 與 25/20°C 相較時，親本中以 IGG 差異最大約 16 %，細胞質雄不稔系統以 TNG 61 MS 差異最大約 12%，但 TC 65 MS 則無差異。經變方分析結果（表 3），除 TC 65 MS 外其餘各品種對

溫度之反應皆有極顯著之差異， TC 65 MS 與 IGG 在分蘗間亦有顯著之差異。

（二）結實率頻度表（表 2 b）顯示在 20/15°C 除 IGG 及 TC 65 外其餘各品種皆低（0～2%）。30/25°C 除 TC 65 MS 外其餘各品種皆較 25/20°C 者爲高。親本以 IGG 之22% 提高最多，雜交 F_1 約20%，細胞質雄不稔個體中 TNG 61 MS 約 20%。TC 65 MS 則在 25/20°C 有較好之趨勢但程度有限（3％）。套袋與不套袋間亦有差異，通常以不套袋者爲高但視品種而異，30/25°C 之 TNG 61 MS 差異高達 15%，其餘品種則無甚差異。

取 30/25、25/20°C 兩溫室資料之變方分析（表 4），就溫度間之差異而言，親本中 IGG 爲極顯著，TC 65 爲顯著，而 TNG 61 及 TN 5 則不顯著， F_1 亦爲極顯著。細胞質雄不稔個體中，TNG 61 MS 爲極顯著而 TC 65 MS 則爲顯著。

三、人工氣候室二期作花粉率與結實率

（一）花粉率：每株的花粉率頻度分布如表 5 a 所示，溫度對花粉率影響之趨勢與一期作相似。親本中以 IGG, L2，對溫度呈敏感反應，IGG 在 30/25°C 較 25/20°C 之花粉率提高約 10%，L2 約 60%； MS 個體中以 L2 提高最多（5％），其餘則無甚差異。

由變方分析結果顯示（表 6），親本對溫度之反應皆有極顯著之差異，但 MS 個體中僅 TC 65 MS2, TN 5 MS, L2 MS 有極顯著之差異，其餘皆不顯著。TC 65, TC 65 MS 及 TN 5 對溫度之反應，在分蘗間亦有顯著之差異。

表 6. 在人工氣候室二種不同日／夜溫度（25/20, 30/25°C）的水稻花粉率之變方分析表（1974-II）

Table 6. Analysis of variance of pollen fertility derived from the second season rice crops planted in the phytotron at two different day/night temperatures (25/20, 30/24°C) .

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Square)				
		TNG 61	TNG 61 MS	TC 65	TC 65 MS 1	TC 65 M S2
Tiller (S)	2	1 98	4.11	136.65**	0.0	13.79**
Temp. (T)	1	467.26**	11.05	216.44**	0.0	234.79**
ST	2	9.37	4.70	24.43	0.0	28.80**
SSE	12	37.52	11.55	18.49	0.0	1.28
Total	17					

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Square)					
		TN 5	TN 5 MS	IGG	IGGMS	L2	L2MS
Tiller (S)	2	28.11	29.98**	5.93	24.13	69.26	28.69
Temp. (T)	1	173.60**	111.30**	635.10**	47.46**	542.92**	280.21**
ST	2	6.34	7.35	5.03	73.23*	0.26	5:411
SSE	12	12.65	2.59	4.59	12.46	59.90	5.19
Total	17						

表 7. 在人工氣候二種不同日/夜溫度 (25/20, 30/25°C) 的水稻結實率變方分析表 (1974-II)

Table 7. Analysis of variance of spikelet fertility derived from the second season rice crops planted in the phytotron at two different day/night temperatures (25/20, 30/25°C) .

a : 親本 Parents

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squre)				
		TNG 61	TN 65	TN 5	IGG	L2
Bagged (R)	1	24.83	13.17	349.49	153.37*	55.64
Tiller (S)	2	110.50	102.28	15.47	23.23	65.59
RS	2	87.79	65.56	37.97	54.66	0.95
Temp. (T)	1	111.14	480.45	0.0003	1493.21**	2175.14**
RT	1	10.30	55.34	23.24	23.91	0.22
ST	2	4.69	78.34	3.09.	5.46	32.56
SSE	2	15.14	37.78	29.47	3.27	3.96
Total	11					

b : 細胞質雄不稔品種 Cytoplasmic male sterile varieties

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squre)			
		TNG 61 MS	TC 65 MS 1	TC 65 MS 2	IGGMS
Block (B)	1	3.81	178.54	0.45	17.46
Bagged (R)	1	19.01*	332.42	0.45	21.56
Tiller (S)	2	9.13	419.91	0.45	2.73
RS	2	1.87	40.12	0.45	11.46
Temp. (T)	1	637.36**	523.23	0.45	93.97**
RT	1	37.34**	594.81	0.45	9.66
ST	2	4.41	113.03	0.45	0.07
SSE	13	3.01	270.48	0.45	8.57
Total	23				

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squre)	
		TN 5 MS	L2 MS
Block (B)	2	24.73	45.43
Bagged (R)	1	13.98	139.95*
Tiller (S)	2	24.73	53.00
RS	2	6.03	6.29
Temp. (T)	1	976.25**	2765.36**
RT	1	13.98	6.91
ST	2	24.73	1.08
SSE	24	19.84	21.15
Total	35		

（二）結實率：每株結實率之頻度分布如表 5 b, ，就親本而言，TC 65, IGG及 L2 在 30/25°C 之平均結實率皆明顯提高，尤以 IGG 及 L2（約40%）爲甚；至於 MS 個體中則僅 TC 65 MS2 及 L2 MS 高達 10%，其餘皆無甚差異(約 0～5 %)。套袋通常較不套袋者其平均結實率爲低。變方分析結果（表7 a.b），親本中以 IGG、L_2 對溫度感受性較强，有極顯著之差異，而 MS 個體中除 TC 65 MS (MS 1, MS 2) 外，其餘亦皆有溫度效果產生。

綜合上述結果，溫度對花粉率及結實率之影響，視品種而異。所有供試品種在高溫下 (30/25°C) 皆有較好之花粉率與結實率，此與 1973 年 Lin [19] 所發現水稻穎花結實之最適溫度爲日溫 28°C 和夜溫 24°C 頗爲符合。親本中以 IGG, L2 等秈型品種對溫度呈較敏感之反應，雜交 F_1 居兩親本之間，而細質雄不稔之個體，如 TNG 61 MS, TC 65 MS2, TN 5 MS, IGG MS 及 L2 MS 等，其不稔之表現隨溫度而異。在高溫下（30/25°C）有較好之花粉率和結實率，顯示出溫度效果，惟其原因未詳，可能係本身含有微弱之稔性恢復基因，在高溫下表現出微小恢復稔實的能力；亦可能係細胞質雄不稔物質，因溫度提高後部份不活化而使花粉率與結實率提高；或係溫度提高使花藥裂開，花粉能够散落至柱頭而完成受精所致。 TC 65 MS 雖在 25/20°C 仍有 3 %之結實率，惟一般情形下尚稱穩定。因此水稻細胞質雄不稔個體之選拔，應以在高溫下選拔低花粉率與結實率低之個體，方爲有效。溫度影響雄不稔之表現程度在其他作物亦有報告 [3,8,21,46] 。

分蘖間之花粉率與結實率具有差異，可能係受氣候條件之影響或不稔之程度尙未完全有關。

不套袋者之結實率通常高於套袋者，此可能由於不套袋之穗其花藥較易裂開，花粉亦易於散開，有助於授粉；而套袋者，因袋內濕氣較重導致花藥裂開不良；亦有可能爲不套袋者接受外界花粉而提高結實率。在人工氣候室內與田間實施套袋，其結果可能有些小差異。因爲在人工氣候室內沒有風吹雨打的機會，對花藥之裂開比較不利，但袋內的氣溫不會因中午受太陽光的照射異常昇高，袋子亦不易破損，對防備外來之花粉可說完善。正常稻在田間套袋者比不套袋者約有 20～25% 的結實率降低（黃 1975），由上述結果可見人工氣候有使此項差異降低之趨勢。花粉率通常小於結實率，此可能爲人爲計算之誤差，亦可能爲花藥已有足够之花粉可使小穗花結實。花粉率及結實率一般均受溫度之影響，至於低溫影響結實率與花粉率之原因可能與雌雄器官之發育有關。Ito 等 [15] 以低溫處理減數分裂期之穎花，結果雄蕊發生種種不正常的現象，包括花藥的發育停止、花粉不飽滿、花藥裂開不良、花粉飛散不良及柱頭授粉不良等。前三項之異常可以歸納於花藥裂開不良，若合併與空穎率比較可以發現兩者甚是一致。因此可推斷花藥之裂開不良爲空穎之直接原因。由於花粉不够充實而引起花藥之裂開不良。這種不充實現象在花粉分裂前之小胞子期已經明顯。 Lin [19] 報告水稻在抽穗期之低溫（10°C），，將引起空穎並抑制稻稈伸長及穗從葉鞘內完全抽出之能力。彼認爲空穎之主因爲低溫抑制花藥之裂開和花粉之發芽，此外部份的穗還留在葉內亦是原因之一。低溫敏感期接受過某種程度低溫的穎花，不論以後是否有良好的環境，也會發生一定程度的空穎率。可見低溫處理中已得到決定性的障礙，惟此障礙之本質至今尙無法明瞭。在雄不稔之個體中花藥不裂開亦可能爲其不稔主因之一，因這些花藥常含有正常之花粉但並不結實。此一現象有待進一步之探討。

四、溫度對花藥胞子原層發育之影響

人工氣候室不同日夜溫度對水稻花藥胞子原層發育之影響，其結果示於表 8 。在 30/25 及 25/20 °C 溫度下，所有供試品種並無明顯差異，而親本與雄不稔個體間之比較亦無明顯差異。

由此推測雄不稔個體胞子原層之功能可能正常，能充分供給小胞子發育之養分，但小胞子本身由於某種功能之缺失，未能充分利用轉運來之養分而致花粉發育不良，內容物缺乏，以致不飽滿而未能發育成正常之花粉粒。反之，由於胞子原層之微小變異如粒線體，未能充分供給小胞子發育所需之養

分，而使小胞子發育不正常，亦能形成雄不稔現象。De Vries [10] 在電子顯微鏡下比較雄不稔與稔性小麥花藥組織，發現二者間並無明顯之細胞質不同。但 Alam [1]， Brooks [3]， Overman [28,45]，Joppa 等 [17,23] 却發現細胞質雄不稔個體之胞子原層於減數分裂後有種種之變異，因此未能供給小胞子所需之養分，使小胞子因而發育不良。

本試驗結果雖指出，水稻細胞質雄不稔性與胞子原層之形態變異並無密切關係，此與 Chu [5] 之結果相似；但仍須更進一步探求其內含物以及小胞子之生理吸收機能之關係。

在 20/15°C 時，胞子原層有種種之異常發生(圖 1、A、B)。據 Shimizu [38] 之解釋，爲胞子原層鄰接之數細胞於低溫下進行異常分裂，然後細胞膜破裂，細胞無組織化，細胞內容物混在一起而形成原形質塊，最後向藥腔內逐漸擴大而突出。圖 A. a 係小胞子第一恢復期，b、第二收縮期，c-d 爲混合成腫塊，即胞子原層細胞及其分泌物在花藥腔內包圍小胞子形成凝塊，或肥腫部分之基部分離浮游在花藥腔內形成球狀的異狀塊體。圖 A e 爲同一小花內之藥囊發生與 a-d 同樣之多種異常現象，圖 A f 爲 a-c 之縱斷面。g 爲 d 之縱斷面。圖 B. a 係在第一恢復期，胞子原層逐漸增厚而細胞變無組織化， b-d 係胞子原層細胞高度腋胞化而肥大，向腔中央部分逐漸擴大，將小胞子擠壓於中間部分，最後變形。圖 B. e, f 爲 b-c 之縱斷面，g 爲 TC 65 之花藥，其中小胞子缺乏細胞質和核內物質， h 爲花藥受低溫傷害之嚴重情形，胞子原層竟完全變形而崩潰。

Murakami 等 [24] 以低溫處理第一及第二收縮期之花藥，並在胞子原層及鄰近轉移細胞內測到較無處理者含量更高的似還元糖之還原物質，氏由此判定低溫能阻礙糖類從花壁組織流入小胞子，最後引起空穎。1970 年 Nishiyama [25] 以電子顯微鏡觀察，在橫切面顯示丘狀的胞子原層腫瘤是由破裂再融合之數個細胞構成的。因此，細胞核發生變化而萎縮，破裂的細胞膜變成不明的痕跡。由 Murakaumi 所觀察之還原物質之累積和 Nishiyama 之細胞膜破裂直後照片，以之解釋胞子原層

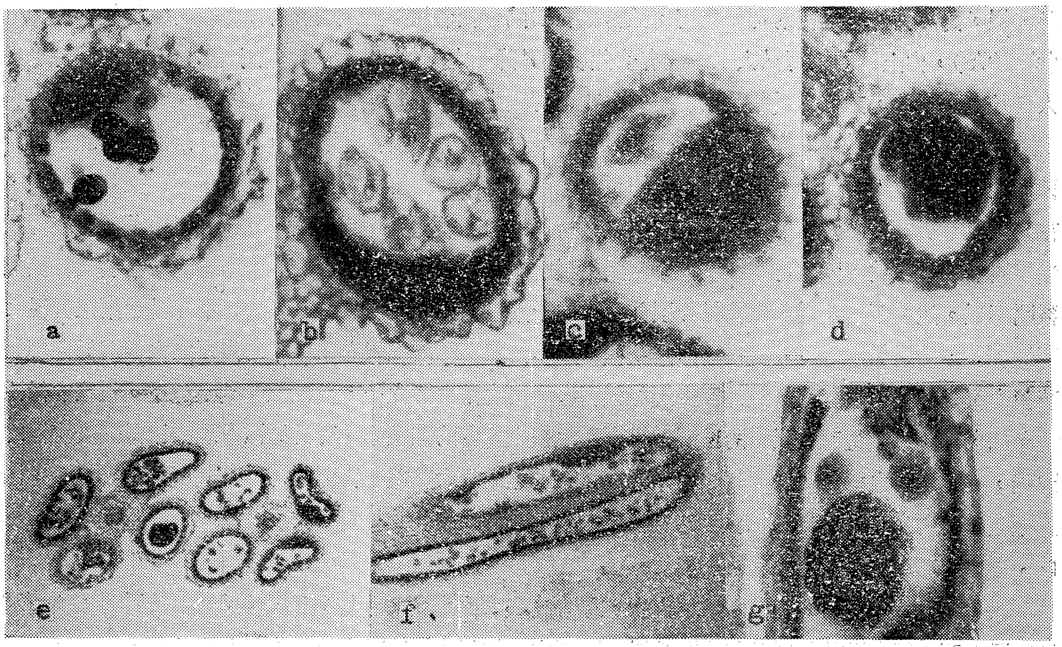


Fig. 1, A : Hypertrophy of tapetal cells.

a–e : Cross-sections of rice anthers. a–b : Some tapetal cells showing cytoplasmic disorganization and rupture of some radial walls at 1st recovering phase (a) and contraction phase (b) (X 1,000). c–d : Intratapetal syncytium occupying over half of locule(X 1,000). e : Cross-section of an anther(X 240). f : Longitudinal-sections of a–c(X 240). g : Longitudinal-sections of d(X 1,000).

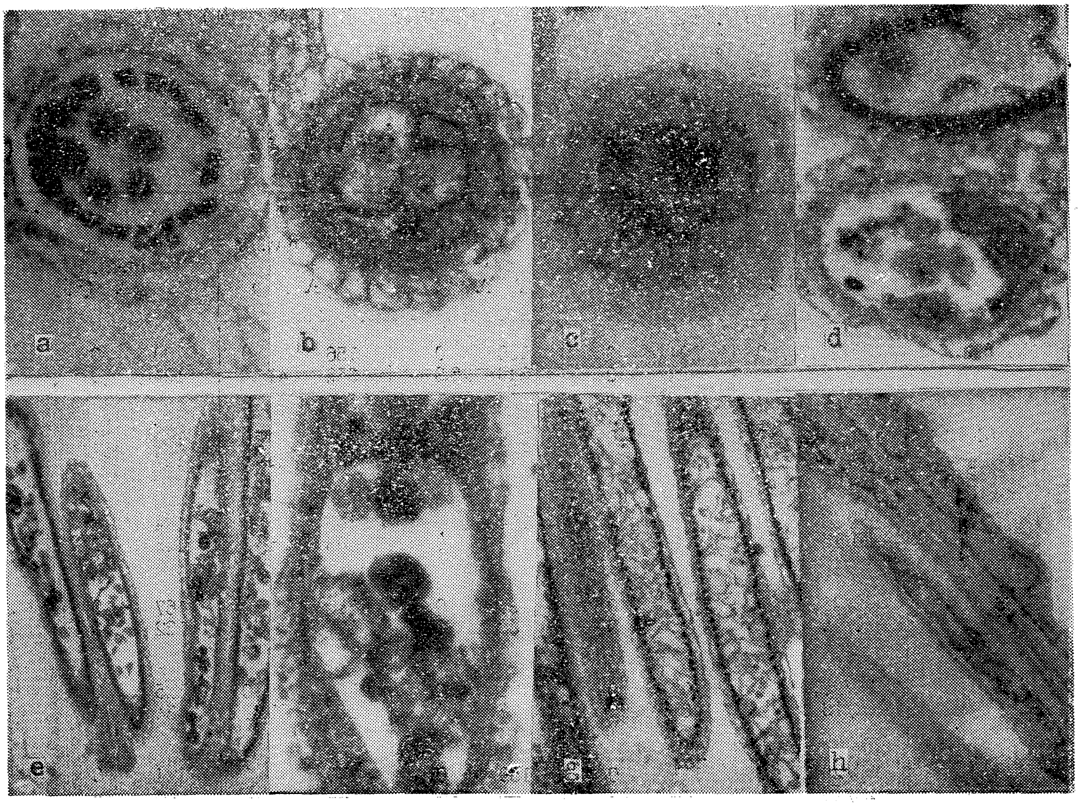


Fig. 1, B : Hypertrophy of tapetal cells. a–d. Cross-sections(X 1,000) .
a : Tapetal enlargement and cellular disorganization at 1st recovering phase. b–c : Tapetum highly vacuolated and enlarged to fill most of locule. The arrested microspores are compressed into a small central area. d : Tapetal cells disintegrated and microspores deformed. e–f : The longitudinal-sections of b–c, e (X 250) , f (X 1,000) . g : Longitudinal-sections of TC 65 anthers corresponding to mature stage ; microspores devoid of cytoplasm and nuclear material (260 X) . h : The most extreme form of tapetum disintegration(250 X) .

Fig. 1. Effect of low day/night temperatures (20/15°C) in phytotron on the tapetal development of rice anthers.

細胞之融合，可能係由於糖類之累積而引起滲透壓增高，最後導致細胞膜破裂。此將成一有意義的假說。1968 年 Shimizu 和 Kuno [37,38]，結論謂小胞子期遇低溫所引起之藥壁細胞異常肥大，可能與花藥發育時期體內之生長素（auxin）之含量有關，但 Lin [10] 發現在小胞子期低溫（10°C）引起的空穎與體內 GA_3 之含量無關。

在低溫下胞子原層異常肥腫現象發生之頻度，視品種與胞子原層發育之時期而異（表 8）。肥腫現象由小胞子之第一收縮期開始，如 TNG 61 有 29.3 %、IGG×TN 5 之 F_1 有 20.65%，至第二收縮期或恢復期達到頂峯，如 TNG 61 有 41.48 %，TNG 61 MS 有 25.25%，TC 65 有 25.68%，TN 5 有 31.47%，其中以 TNG 61 肥腫百分率最高。此可能與移入低溫之時期有關，但 TC65MS 則無胞子原層肥腫之現象產生。1970 年 Ito 等 [15] 使用減數分裂期經低溫處理過之材料追踪花粉的各發育過程，發現減數分裂經低溫處理所引起之胞子原層肥腫率，沒有如空穎之多。Satake [33,34,48] 使用小胞子期經低溫處理之材料，結果顯示高頻度之胞子原層肥腫率。這種異常在處理開始第一天就出現，小胞子異常在第三天開始顯著，又同一支花藥內小藥室之肥腫率比大藥室者高得多。彼又指出

表 8. 人工氣候室三種不同日／夜溫度（20/15, 25/20, 30/25°C）對水稻花粉囊之胞子原層發育的影響（1974-1）。

Table 8. The effect of three different day/night temperatures (20/15, 25/20, 30/25°C) on the tapetal development of pollen sacs derived from the first season crops planted in the phytotron.

品種 Entry	溫度 Temp. °C	Tetrad T	Tetrad A (%)	1st cont. recover T	1st cont. recover A (%)	2nd cont. recover T	2nd cont. recover A (%)	pollen ripening T	pollen ripening A (%)
TNG 61	30/25,25/20	104	0	158	0	156	0	150	0
	20/15	92	0	346	26.3	352	41.48	124	0
TNG 61 MS	30/25,25/20	162	0	234	0	220	0	187	0
	20/15	70	0	115	0	198	25.25	127	0
TC 65	30/25,25/20	132	0	164	0	163	0	174	0
	20/15	68	0	90	0	183	25.68	105	0
TC 65 MS	30/25,25/20	126	0	195	0	168	0	167	0
	20/15	46	0	88	0	196	0	132	0
TN 5	30/25,25/20	94	0	121	0	104	0	125	0
	20/15	61	0	77	0	155	31.47	84	0
IGG	30/25,25/20	111	0	159	0	140	0	124	0
	20/15	—	—	—	—	—	—	—	—
IGG×TN 5	30/25,25/20	41	0	153	0	162	0	94	0
	20/15	33	0	92	20.65	20	0	65	0

T : Total number of polllen sacs at each pollen development stage.

A : Percentage of pollen sacs having hypertrophic tapetum.

除小胞子前期對低溫敏感之外，尙有減數分裂前期也對低溫敏感；不過敏感程度不如小胞子前期的高。

由本試驗結果顯示，胞子原層異常之頻度顯然較空穎率少得多。空穎乃是許多原因造成者。胞子原層細胞的異常可說僅爲形成空穎主因之一，而不是全部原因。小胞子的發育不良顯示養分之轉移受到阻礙，小胞子的養分當然由轉移細胞（transitory cells）經過胞子原層細胞而來。由其充滿細胞質的情形來看，胞子原層細胞不但是養分之通路，且應具有相當的代謝機能。這代謝機能若發生異常，當然養分之供應也受到擾亂。而低溫抑制花藥的裂開、花粉的發芽和使部分之穗停留在葉鞘內，均是空穎形成的原因。

五、花粉在柱頭發芽試驗

細胞質雄不稔性稻各系統自交時，其花粉在本身柱頭上之發芽百分率如表 9 所示。除 TNG 61 MS1 和 TC 65 MS7 外，不論親本或不稔個體之花粉皆能在其本身之柱頭上發芽。

表 9 中，親本有約 20～26% 之發芽率顯然較不稔個體爲高，不稔個體中以 TN 5 MS 最高(約 12.8～24%)，而TC 65 MS 最低（0～13%），此與其花粉率、結實率有密切關係。圖 2 表示花粉粒在柱頭上發芽情形，上圖爲親本，下圖爲 MS。

花粉發芽百分率通常較花粉率和結實率爲低。因爲事實上，只要一個花粉能發芽而受精，就能達

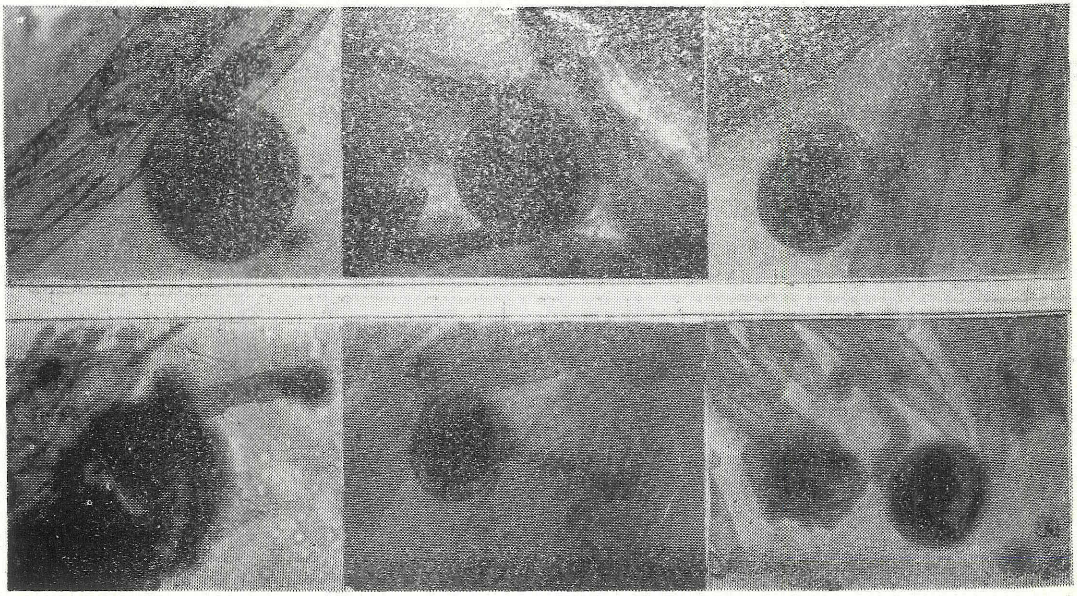


Fig. 2. Pollen germination on rice stigma. The upper three configurations, parent ; the lower three, cytoplasmic male sterile.

到結實的基本條件。在正常之親本只要有 20.8% (TNG 61) 25.5% (TC 65)的花粉發芽就能達到正常的結實率而不需要有 100% 的花粉發芽率。若計算花粉發芽率與結實率之迴歸，即可得在約5% 的發芽率處與 0% 結實率交叉。有些花粉發芽率高於結實率，例如 TN 5 MS1 和 MS2。其可能之原因爲花粉在柱頭有發芽能力但花粉本身無足够之養分使其完成授精而達到結實；或由於環境因子使其不結實。花粉發芽率與花粉率之相關係數爲 r=0.72, 花粉發芽率與結實率之間爲 r=0.74 花粉率與結實率間爲 r=0.95, 如此發芽率，花粉率，結實率皆有高度之正相關。

黃眞生氏(未發表)，以紫稻之花粉與 TC 65 MS 或 TNG 61 MS 之花粉，在細胞質雄不稔之 TC 65 MS 或 TNG 61 MS 之柱頭進行授粉試驗。其結果，不論紫稻之花粉先授粉而 MS 花粉後授粉；或 MS 花粉先授粉而紫稻後授粉，其間隔約半小時，所產生的種子皆長成紫稻，顯示特有的標誌性狀。由此可知，不稔性植株之花粉較正常花粉之授精競爭力爲低。此可能爲花粉管之伸長速度較差或花粉之養分不充足所引起之結果。

由以上結果可知，細胞質雄不稔之花粉亦能在其本身之柱頭上發芽，而發芽後是否能完成受精過程則須更進一步的探討，或許一些花粉可完成授精，或許一些花粉管僅伸到一半而停止。雄不稔個體在田間，有時結實率較高，有時很低，很明顯的受到環境因子之影響，如高溫對 TNG 61 MS 常有溫度效果產生。風之大小及風向等亦可影響雜交率之高低，並可幫助雄不稔個體之花藥裂開而達成自花授粉。Shinjyo [41] 測定臺中 65 MS 之天然雜交率，以 (MS-boro) rf TC 65 爲母本，(MS-boro) Rf-65 爲父本，以不同栽培密度 A 區 (1：1)，B 區 (1：2)，C (1：5) 之雄不稔個體對稔性恢復個體之比率測驗，結果第一期作的 A, B, C 區之雜交率分別爲 14.7，14.4 及 22.4 %；第二期作之 A, B, C 區分別爲 20.0，25.7 及 38.3 %。故二期作之雜交率高於一期作。此乃環境因子使然，因一期作抽穗期遇梅雨而二期作則天氣良好。此外每行每株之穗內雜交率變異亦大 (3～8 %)，此可能與風向有關，通常上風者之雜交率高，下風者則雜交率低，如一期作南向雜交率常高；而二期作則反是，且其效果較一期作來得强。再者，單位面積中之花粉親株數增加而雄不稔株數相對減少，則雜交率提高，但單位面積之雜交種子收量則減少。

爲利用水稻雜種優勢，尙有許多問題需要解決，其中以尋找安定的雄不稔細胞質及進一步將柱頭露出之基因轉入不稔系統俾能提高天然雜交率，乃爲當今之要務。

（六）、Ethrel 處理實驗：以兩種不同濃度（3,000、4,000 ppm）之 Ethrel 噴施於水稻四個不同生育期，其對水稻結實率之影響結果見於表10。

表 9. 細胞質雄不稔性水稻及其輪廻親本自交時，花粉粒在柱頭上之發芽百分率。

Table 9. Percentage of pollen germination on rice stigma, pollen fertility and seed-set percentage of cytoplasmic male sterile plants and their parents

品 種 Entry	發芽時間 Incubation time. (min.)	發 芽 (%) Percentage of germination	花 粉 率 (%) Pollen fertility	結 實 率 (%) Seed-set
TNG 61	70	20.8	87.3	71.6
TNG 61 MS 1	70	0.0	8.1	13.5
TNG 61 MS 2	60	12.4	12.6	18.5
TNG 61 MS 3	70	8.4	4.4	4.41
TNG 61 MS 4	70	2.6	4.2	2.53
TNG 61 MS 5	70	12.6	36.2	2.4
TNG 61 MS 6	70	10.0	—	—
TC 65	70	25.5	93.6	75.4
TC 65 MS 1	75	13.0	—	—
TC 65 MS 2	70	5.6	3.8	6.8
TC 65 MS 3	70	8.0	13.1	14.8
TC 65 MS 4	80	6.5	39.5	20.5
TC 65 MS 5	70	1.8	5.5	5.2
TC 65 MS 6	70	6.2	3.5	4.7
TC 65 MS 7	70	0.0	17.3	15.8
TN 5	65	24.0	89.9	53.2
TN 5 MS 1	65	12.8	0.5	0.8
TN 5 MS 2	80	19.2	42.1	39.4
TN 5 MS 3	80	14.1	3.1	4.7
TN 5 MS 4	65	16.1	39.9	—
TN 5 MS 5	80	17.4	9.0	18.7
TN 5 MS 6	80	15.8	11.3	22.8

通常以在 booting（抽穗前10～14天）及 late booting（抽穗前 5 ～ 9 天）兩個時期處理最爲有效。TNG 61 親本結實率在此二時期分別降低約 25 及 30%，TN 5 爲 15 及 25%，IGG 爲 30 及 35 %；雄不稔性之個體幾乎降低至零。兩種濃度對 Pre-booting 與 heading生長期之個體則無重大的影響，且 3,000 及 4,000 ppm 兩處理間之噴施效果亦無顯著的差異。

Perez 等 [29] 使用數種水稻品種（IR 8、IR 24 及 IR 262-458)，分別以 500～8,000 ppm 之 Ethrel 濃度，處理四個生長時期，其結果爲隨濃度增加而花粉不稔與不實率亦增加。氏等並發現在

表 10，二種不同濃度之 Ethrel 噴施於水稻四個生育期對結實率之影響

Table 10. Percentage of seed-setting of rice sprayed with two concentrations of Ethrel at four growth stages

濃度 Concentration (ppm)	結實率 (%) Percentage of seed-setting (mean)							
	Pre-booting		Booting		Late-booting		Heading	
	No. of spikelet	Mean	No of spikelet	Mean	No of spikelet	Mean	No. of spikelet	mean
TNG 61								
4000	2	80.3	4	62.1	7	58.0	3	70.4
3000	2	78.1	9	64.2	3	53.3	1	64.5
CK	2	91.6	5	89.8	5	86.0	1	97.3
TNG 61 MS 1								
4000	1	0.0	5	1.6	5	4.1	2	31.5
3000	5	22.7	6	7.1	1	14.4	—	—
CK	—	—	3	26.7	4	30.4	2	6.8
TNG 61 MS 2								
4000	2	0.0	4	0.5	1	1.9	4	3.8
3000	3	25.7	1	0.0	7	1.7	—	—
CK	1	24.2	4	26.5	—	—	3	11.9
TN 5								
4000	2	82.2	3	70.2	7	53.9	—	—
3000	4	89.5	5	62.2	5	53.7	1	79.5
CK	2	85.5	3	81.3	3	78.4	3	74.9
TN 5 MS 1								
4000	4	2.3	3	1.0	—	—	6	1.6
3000	4	1.1	2	0.0	2	0.0	2	0.7
CK	4	1.3	1	0.0	1	0.0	2	1.4
TN 5 MS 2								
4000	5	3.5	5	0.0	2	0.0	7	0.7
3000	9	1.0	7	0.2	5	0.0	—	—
CK	9	3.9	6	6.0	7	3.0	—	—
IGG								
4000	1	68.5	3	31.9	13	41.8	1	52.0
3000	3	51.5	2	58.8	5	38.8	2	48.9
CK	2	89.5	2	82.4	7	74.8	1	74.2
IGG × TN 5								
4000	—	—	3	45.6	11	42.0	1	56.6
3000	1	54.6	2	39.5	10	43.1	1	56.6
CK	3	69.1	2	62.6	3	80.9	—	—

early booting stage 處理最爲有效，能產生高度之花粉不稔與不實率，其中以 4,000 ppm 之處理使不實率達94%爲最高。反觀本試驗結果則僅降低 20～30 %，此可能係受藥品之 pH 值(pH=1.8) 及使用品種之感受性與處理時之氣候條件因素所影響。因 Ethrel 在值物體組織內能釋出 ethylene, 當 pH=4.1 時只產生少量之 ethylene, 通常植物組織細胞質之 pH 值均大於 4.1，故 2-chloroethyl phosphonic acid 進入植物組織後就分解成 C_2H_4, 及 HPO^-_4；pH 值愈高放出之乙烯愈多。 Ethrel 處理後有附帶之影響，尤其是器官之變化。Perez 等 [29] 曾報告可使每穗小穗花數減少，穗之長度與株高受抑制，劍葉之長度減少，多柱頭與多子房之產生，小花開穎較大且維持較長時間等現象 [43]。

由以上初步實驗結果，給予吾人一新的構想，即吾人可以尋求適當濃度之 Ethrel 及適當處理時間，使不完全細胞質雄不稔性個體或對環境因子呈不穩定狀態之細胞質雄不稔個體，降低其花粉率至最低程度而不致影響雌性器官之授粉能力，並使小花開穎較大且維持較長之時間以利天然雜交。此外可進而以 Ethrel 處理一般正常植株使其花粉率減至最低程度而誘致雄不稔個體之產生，如此即可省掉以回交方法轉移不稔性細胞質和稔性恢復基因等繁雜之育種過程。

七、熱處理種子之結果

熱處理種子結果之變方分析詳如表 11 。顯示熱處理對不稔性並無明顯影響。其他作物亦有類似報告 [6,26,42,47]。據 Shumway 解釋，熱水處理無法改變不稔之原因，可能係不稔性個體細胞質內的不稔性決定物質對溫度不敏感或不稔物質較胚本身更具耐熱性或此不稔物質存在於許多位置使熱處理無法將其一併除去其活性，於是稔性無從提高。假使水稻細胞質雄不稔是由 Frankel [12,13] 所謂之毒素類似物所引起的，一但經熱處理後則花粉率或結實率即可能提高。本試驗熱處理之結果，並未能支持水稻細胞質雄不稔是由毒素所引起，但也不能完全除去此可能性。於長久的進化過程中，毒素有可能進入細胞質而定居，最後成爲細胞質內容物之一，並與細胞核建立密切之關係。若換另種細胞核即有可能失掉互相之關係而引起花粉不稔。此外亦可以粒線體 (mitochondria) 與細胞核之互相作用來解釋。

八、葉蟬傳遞之試驗

表 12 爲葉蟬傳遞試驗之水稻結實率頻度分佈。表中 TNG 61 有 1 株之結實率降低，其頻度分布於 25～95 %之間，其餘均高。 TC 65 則無任何下降之勢。 Frankel 等 [13], Edwardson 和 Corbett [7,11] 在 Petunia, Curtis [9] 在甜菜，均成功地以嫁接方式傳遞細胞質雄不稔物質，彼等主張細胞質雄不稔爲一毒素或毒素類似物所控制，並解釋傳遞之現象爲(a)由於細胞質雄不稔之決定物質之移動，(b)這物質經由一攜帶者在砧木與接穗間移動，(c)寄生物之生長可能影響細胞質雄不

表 11. 種子熱處理結果之變方分析表。

Table 11. Analysis of variance for thermoshock treatment.

a：花粉率 Pollen fertility

變 因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均 方 (Mean Squre)	
		Dry heat treatment (oven, 70°C)	Hot water treatment (60°C)
Temp. (T)	2	43.51	23.56
Entry (E)	5	7856.47**	8245.03**
TE	10	32.08	25.20
SSE	36	48.00	19.60
Total	53		

b：結實率 Seed-set percentage

變因 Sources of Variation	自由度 Degrees of Freedom	均方 (Mean Squre)	
		Dry heat treatment	Hot water treatment
Temp. (T)	2	23.33	28.23
Entry (E)	5	2598.44**	3827.96**
TE	10	70.20	30.83
SSE	54	17.39	24.61
Total	71		

稔物質之增加或減少。

相反之報告[2,18,22,32,35,42]，亦經證實雄不稔性之物質或稔性物質不能以嫁接來傳遞，或此種傳遞並非一種普遍現象。由本試驗之結果，細胞質雄不稔性之物質，在傳遞試驗之當代並未明顯的表現出。Frankel[13] 在 Petunia 報告細胞質雄不稔性經傳遞後，在當代無明顯之表現而於第二代或第三代等才表現出來，但未能解釋為何第二代僅產生小部分之不稔而其餘皆為稔性。表 12 中。TNG61 雖有一株結實率下降，但未能明確表示是否由傳遞而來之不稔物質所引起，需要進一步做後裔檢驗才能明瞭。

水稻細胞質雄不稔性物質是否經由葉蟬或其他昆蟲或嫁接方法如胚和胚乳之嫁接傳遞，猶有待進一步之探求。本試驗未能明顯看出傳遞之結果，也許係此不稔性物質並不適宜在葉蟬體內潛伏，即不適合以葉蟬為中間寄主，是在傳遞過程中已失去其功能；或係此不稔性物質須在寄主體內(昆蟲或水稻）潛伏一段長久時間方能表現出來，則不得而知。若能尋得一適當之中間寄主和適合的傳遞不稔物質之方法，則雄不稔系統之產生將不須再經多次而費時的回交育種。

表 12. 由葉蟬傳遞雄不稔細胞物質之水稻結實率頻度表

Table 12. The frequency distribution of spikelet fertility of rice after inoculation feeding by *Nephotettix cinticeps* and *N. nigropictus* which acquisition-fed the MS plants

品種 Entry	結實率 (%) Percentage of seed-setting											計 Total	平均 Mean %
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95		
TNG61				1	1	1	3	9	15	52	35	117	87.3
				(1)	(1)			(2)		(1)	(3)	(8)	(71.1)
TNG61MS	4	17	6	8	3	2	1					41	19.8
TC65								5	9	31	12	57	88.9
TC65MS	21	11	2									34	5.6

參 考 文 獻

1. Alam, S. and P. C. Sandal. 1967. Cyto-histological investigations of pollen abortion in male-sterile Sudangrass. Crop Sci. 7 : 587-589.
2. Borovskij, M. I. 1969. The question of transmitting characteristics of pollen sterility from certain maize forms to others by non-sexual means. Pl. Breed. Abstr. 39 : 2322.
3. Brooks, M. W. , J. S. Brooks and L. Chien. 1966. The anther tapetum in cytoplasmic-genetic male sterile Sorghum. Amer. J. Bot. 53 : 902-908.
4. Caviness, C. E. and B. L. Fagala. 1973. Influence of temperature on a partially Male-sterile Soybean Strain, Crop Sci. 13 : 503-504.
5. Chu. Y. E. and C. Shinjyo. 1973. Genetic , cytologic and enzymatic studies on cytoplasmic male sterility in cultivated rice. Proc. XIII Int. Cong. Genet. Vol. 74 (supple) No. 2, part 2 : 48-49. (in Japanese)
6. Cleij, G. 1967. Influencing of the cytoplasmic male sterility and fertility inBeets. Euphytica 16 : 23 -28.
7. Corbett, M. K. and Edwardson , J. R. 1964. Inter-graft transmission of cytoplasmic male sterility. Nature 201 : 847-848.
8. Cortessi, H. A. 1967. Investigation made into male sterile beets. Euphytica 16 : 425-432.
9. Curtis, G. I. 1967. Graft-transmission of male sterility in sugar beet (*Beta. Vulgaris* L.) , Euphytica 16 : 419-424.
10. De Vries, A. Ph. and T. S. Ie. 1970. Electron-microscopy on anther tissue and pollen of male sterile and fertile wheat. Euphytica 19 : 103-120.
11. Edwardson, J. R. and Corbett. M. K. 1961. Asexual transmission of cytoplasmic male sterility in Petunia. Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. 47 : 390-396.
12. Frankel, R. 1956. Graft induced transmission to progeny of cytoplasmic male sterility in Petunia. Science 124 : 684-685.
13. Frankel, R. 1962. Further evidence of graft induced transmission to progeny of cytoplasmic male sterility in Petunia. Genetics 47 : 641-646.
14. Hayase, H. , T. Satake, I. Nishyaima and N. Ito. 1969. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plant. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilizing ability of pistils Proc. Crop Sci. Soc. Japan 38 : 706-711. (in English) .
15. Ito, N. , H. Hayase, T. Satake, and I. Nishiyama. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. III. Male abnormalities at anthesis. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 39 : 60-64. (in English)
16. Iwahori, S. , J. M. Lyons, ad O. E. Smith. 1970. Sex expression in cucumber plants as affected by 2-chloroethylphosphonic acid, ethylene, and growth regulators. Plant Physiol. 46 : 412-415.
17. Joppa, H. A. , F. H. McNeal andJ. R. Walsh. 1966. Pollen and anther develop ment in cytoplasmic male sterile wheat *Triticum aestivum* L. Crop Sci. 6 : 296-297.
18. Lacadena, J. R. 1968. Hybrid wheat. VII . Tests on the transmission of cytoplasmicmale sterility in wheat by embryo-endosperm grafting. Euphytica 17 : 439-444.
19. Lin, S. S. 1973. Low temperature induced floret sterility in Rice (*Oryza Sativa* L.) Ph . D. Dissertation. Department of Agronomy and Range Science. University of California, Davis, California 95616.
20. Matsushima, S. and K. Tsunoda. 1958. XLV. Effects of temperature and its daily range in different

growth-stages upon the growth, grain yield and its constitutional factors in rice plants. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 26 : 243-244. (in Japanese English Summary) .

21. Meer, Q. P. Van Der and Bennekom, J. L. Van. 1969. Effect of temper-ature on the occurence of male sterility in Onion (*Allium cepa* L.) . Euphytica 18 : 389-394.

22. Meer, Q. P. Van Der and Bennekom, J. L. Van. 1970. Failure of graft transmission of male-sterilizing substance in Onion (*Allium cepa* L.) . Euphytica 19 : 430-432.

23. Mian, H. R. , J. Kuspira, G. W. R. Walker and Muntijewerff N. 1974. Histological and cytocheu mical studies on five genetic male-sterile lines of barley (Hordeum vulgare) . Can. J. Ge net. Cytol. 16 : 355-379.

24. Murakami, K. , K. Kawaguchi, and U. Mizushima. 1958. Histochemical anomalies in anther tissues conditions with eference to the intervarietal difference in cold resistance. Jap. J. Breed 8 : 119-127. (in Japanese)

25. Nishiyama, I. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at young microspore stage in rice plant. VI. Electron microscopical observations on normal tapetal cells at the critical stage. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 39 : 474-479. (in English) .

26. Ohta, Y. 1968. Effect of virus inoculation and thermoshock treatment on cytoplasmic male sterility in Capsicum. Seiken Zihô 20 : 63-67.

27. Oka, H. T. , and Y. Doida. 1962. Phylogenetic differentiation of curtivated rice. XX. Analysis of the genetic basis of break down in rice. Jap. J. Genet. 37 : 24-35. (in English)

28. Overman, Mary Anndan H. E. Warmke. 1972. Cytoplasmic male sterility in Sorghum : II. Tapetal behavior in fertile and sterile anthers. J. Hered. 63(5) : 227-234.

29. Derez, A. T. , T. T. Chang H. M. Beachell. B. S. Vergara and A. P. Marciano. 1973. Induction of male sterility in rice with Ethrel and RH-531. Sabrao Newsletter 5(2) : 133-139.

30. Rowll. P. L. and D. G. Miller. 1971. Induction of male sterility in wheat with 2-chloroethylphos phonic acid (Ethrel) . Crop Sci. 11 : 629-631.

31. Rudich, J. , N. Kedar, and A. H. Halevy. 1970. Change sex expression and possibilities for F1-hybridseed production in some cucurbits by application of Ethrel and Alar (13-995) . Euphytica 19 : 47-53.

32. Sand, S. A. 1960. Autonomy of cytoplasmic male sterility in grafted scions of tobacco. Science 131 : 665.

33. Satake, T. and H. Hayase1970. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V. Estimation of pollen developmental stages and the most sensitive stage to coolness. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 43 : 31-35. (in English) .

34. Satake, T. and H. Hayase. 1974. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. X. A. Secondary sensitive stage at the begvinning of meiosis. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 43 : 36-39. (in English)

35. Schooler, A. B. 1967. A form of male sterility n barley hybrids. J. Hered. 58 : 206-211.

36. Shastry. S. V. S . , and R. N. Misra. 1961. Pachytene analysis in *Oryza*. II Sterility in japonica-indica hybrids. Chromosoma 12 : 248-271.

37. Shimizu, M. and K. Kuno. 1967. Some cyto-histological observations on the morphogenetically abnormal rice spikelets caused by a low temperature. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 36 : 489-502. (in Japanese, English summary) .

38. Shimizu, M. and K. Kuno. 1968. Studies on abnormal hypertrophy of tapetum caused by auxin in rice plant, especially in relation to that caused by low temperature Proc. Crop Sci. Soc. Japan 37 : 217-223. (in Japanese, English Summary) .

39. Shinjyo, C. and T. Omura. 1966. Cytoplasmic-genetic male sterility in cultivated rice, *Oryza Sativa*, L. I. Fertilities of F1, F2 and offsprings obtained from their mutual reciprocal back crosses and segregation of completely male sterile plants. Japan. J. Breed. 16 (separate 1) : 179-180. (in Japanese)

40. Shinjyo, C. 1969. Cytoplasmic-genetic male sterility in cultivated rice, *Oryza Sativa* L. II. The inheritance of male sterility. Jap. J. Genet. 44(33) : 149-156.

41. Shinjyo, C. 1975. Out crossing rate on cytoplasmic male-sterile plants of rice in the first and second crop seasons in okinawa. Jap. J. Breed. 25 (separate 1) : 143. (in Japanese)

42. Shumway, L. K. and L. F. Bauman. 1966. The effect of hot water treatment, X-ray irradiation and mesocotyle grafting on cytoplasmic male sterility of maize. Crop Sci. 6 : 341-342.

43. Th, W. Whitaker, and G. W. Bahnn. 1970. Promotion of pistillate flowering in Cucurbita by 2-chloroethylphosphonicacid. Euphytica 19 : 180-183.

44. Stebbins, G. L. 1958. The inviability, weakness, and sterility of interspecific hybrids. Adv. in Genet. 9 : 147-215.

45. Warmke, H. E. and Mary Ann Overman. 1972. Cytoplasmic male sterility in Sorghum : I. Callose behavior in fertile and sterile anthers. . Hered. 63(3) : 103-108.

46. Yamada, I. , N. Enomoto, K. Hozumi, and T. Kusanagi, 1956. On the artifical germination of pollen in rice plants. V. Effect of low temperature on pollen germination at different stages of primordial panicled evelopment. Proc. Crop Sci. Soc, Japan 25-70. (in Japanese, English summary) ,

47 Zeven, A. C. 1967. Transfer and inactivation of male sterility and sources of restorer genes in wheat. Euphytica 16 : 183-189.

48. 佐竹徹夫。 1974. イネの障害型冷害。<講座作物の形態と機能 15>：農業技術。29：293-297，352-355。

Some properties of cytoplasmic male sterile rice [1]

by Yu-Kuei Cheng and Chen-Seng Huang

Summary

Using Tainung 61 (TNG 61), (ms-boro) rfrf-TNG 61, Taichung 65 (TC 65), (ms-boro) rfrf-TC 65, Tainan 5 (TN 5), (ms-boro) rfrf-TN 5, I-geo-gen (IGG) . F_1 (IGG× TN 5), (ms-boro) IGG, IR-579-48-1-2 (IR 579), and(ms-boro) -IR-579 of rice varieties, the following results were obtained.

1. An observation on chromosomal behavior at meioiss showed that no apparent chromosomal aberrations were associated with cytoplasmic male and hybrid sterilities (about 0-2% of univalent, quadrivalent, anaphase-I bridge and 13 : 11 anaphase-I distribution) .

2. Most of cytoplasmic male sterile lines showed low pollen and spikelet fertilities regardless of temperatures, except TNG 61 MS, TC 65 MS1, IR-579-48-1-2 MS which were partially fertile only at 30/25°C. Bagged panicles produced significantly lower seedset persentage than the unbagged, about 10% in IGG, 7 % in TC 65, 15% in TNG 61 MS, and 10% in IR-579 MS.

3. All entries at 20/15°C in phytotron showed very low pollen and spikelet fertilities (5%) . Temperatures of 30/25°C had a favourable influence on both pollen and spikelet fertilities comparing with 25/20°C. The mean differences of pollen fertility between 30/25°C and 25/20°C were 10%-16% in parents, and 12% in TNG 61 MS, 0% in TC 65 M S. The mean differences of spikelet fertility between the two temperature treatments were 5%-20% in parents, 20% in TNG 61 MS and 3% in TC 65 MS. The effect of temperature on the second season crops showed a similar tendency to that of the first season crops at 30/25°C and 25/20°C, though the effect seemed to be less pronounced.

4. Cytoplasmic male sterile plants and their recurent parents, F_1 and their parents all did not show any distinct abnormality in the tapetal development of pollen sacs at 30/25°C, 25/20°C in phytotron. However, at 20/15°C, various tapetum abnormalities were found in all entries except TC65MS, such as loculi with tapetal hypertrophy, occurence of plasmodium-like maters, tapetum disintegration and aborted pollen. The percentage of abnormal tapetum in the first contraction stage of microspores were 26.3% (in TNG 61) , 20.65% (in F_1) and in the second contraction were 41.5 (in TNG 61), 25.25% (in TNG 61 MS), 25.68% (in TC 65)and 31.47% (in TN 5). Therefore, the sensitive stages to cooling treatment were from the first contraction to the second contraction of the microspores.

5. In pollen germination experiment, pollen grains of all entries could germinate on stigma after self-pollination. The percentage of germination in parents TNG 61 (20.8%) , TC 65 (25.5%) and TN 5 (24%) was higher than their corresponding

---

1. Contribution No. 847 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

cytoplasmic male sterile TNG 61 MS(0-12.6%), TC 65 MS(0-13%), TN 5 MS(12.8-24%) The correlation coefficients between pollen germination and stainable pollen percentage, between pollen germination and spikelet fertility, and between pollen and spikelet fertilities were, 0.72, 0.74 and 0.95 respectively.

6. In thermoshock treatments, neither hot water (60°C) on wet seed nor dry heat on dormant seed caused inactivation of cytoplasmic male sterility. In the inoculation-feeding with leaf hopper which were fed with MS plants, no sterility occurred in the insect-fed fertile entries except one plant of TNG 61 that showed 25-95% seedset percentage The results seem to offer the negative evidences for the inactivation of cytoplasmic male sterility by thermoshocks and of transmission by this type of inoculation feeding.

7. By foliage spraying with two concentrations (3,000, 4,000 ppm) of Ethrel at four growth stages, the favorable stages for producing sterile rice were found to be at booting (10-14 days before heading) and late-booting (5-9 days before heading), that caused about 20-30%reduction in seed settings of the parents and 100% sterility in cytoplasmic male steriles without any significant difference between the two concentrations. The Ethrel treatment also caused some adverse effects on the plant, such as reductions of the number of spikelets per panicle and the height of plants.

Vol. 27, No. 3 September 1978

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Breeding for high protein content in rice 2. Genetical studies or protein content, headcing date and other agronomic characters in the cross between early and late maturing japonica rices ······ I. C. Kuo & S. C. Hsieh ··· 199

Rice yielding increases for the second crop in Taiwan—Genotype season interaction and correlation between yields of the first and second crop ······ Y. C. Teng ··· 213

Studies on the prodution of mung bean sprouts with the plant hormone ······ Ruey-Song Lin ··· 223

Determination of the economic injury levels of the brown planthopper in Taiwan ······ C. H. Cheng ··· 229

Epidemicological studies of rice blast disease observations in 1977 ······ W. H. Tsai et al ··· 237

Antagonistic effect of some bacteria from *Fusarium* wilt-suppressive soil and their effect on the control of flax wilt in the field ······ C. C. Tu., Y. H. Cheng & Y. C. Chang ··· 245

Studies on embryo and endosperm development following interspecific crosses in rice ······ Te-mei Chang ··· 259

Some properties of cytoplasmic male sterils rice ······ Yu-Kuei Cheng & Chen-Seng Huang ··· 267

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichang Hsien, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政臺字第二〇七六號登記爲第一類新聞紙類

發行人 萬 雄 臺中縣霧峰鄉萬豐
印刷所 臺灣省政府印刷廠 臺中縣大里鄉草湖